ISSN 1728-7901

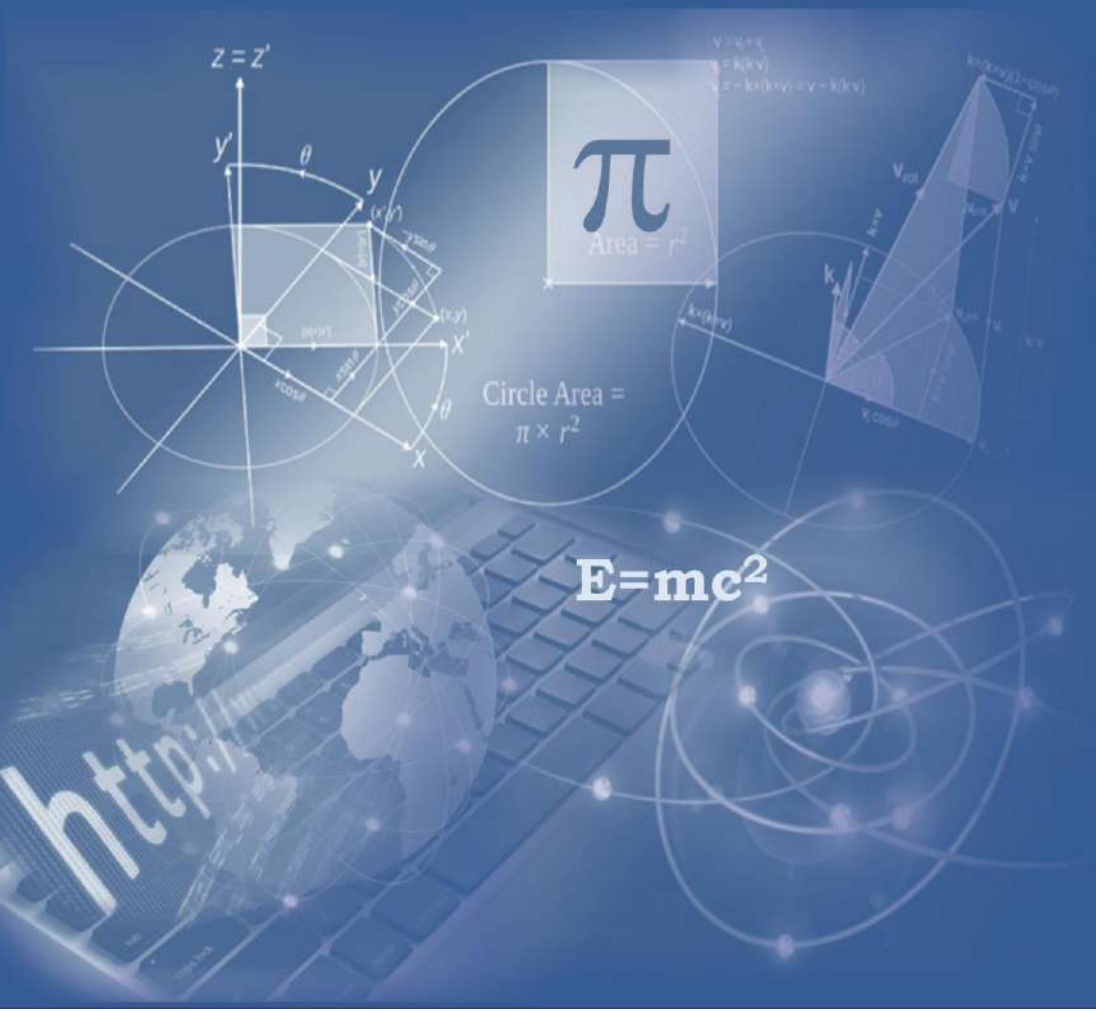
Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті

Казахский национальный педагогический университет имени Абая

ХАБАРШЫ
ВЕСТНИК
BULLETIN

«Физика-математика ғылымдары» сериясы

серия «Физико-математические науки»



№3(63)

2018

Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті
Казахский национальный педагогический университет имени Абая
Abai University

ХАБАРШЫ
ВЕСТНИК
BULLETIN

«Физика-математика ғылымдары» сериясы
Серия «Физико-математические науки»
“Physics & Mathematical Sciences”
№3(63)

Алматы, 2018

Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті

ХАБАРШЫ

“Физика-математика ғылымдары” сериясы № 3 (63)

Бас редактор
ф.-м.ғ.д. **А.С. Бердышев**

***Редакция алқасы*:**
Бас ред. орынбасары:
ф.-м.ғ.д. **З.Г. Уалиев**

Жауапты хатшылар:
п.ғ.к. **О.С. Ахметова**

Редакциялық алқа мүшелері:
Dr.Sci. **Alimhan K. (Japan),**
*Phd.d.***Cabada A. (Spain),**
Phd.d. **Ruzhansky M. (England),**
п.ғ.д., ҚР ҰҒА корр. мүшесі
А.Е. Абылкасымова,
т.ғ.д. **Е.Амиргалиев,**
ф.-м.ғ.к. **М.Ж. Бекпатшаев,**
п.ғ.д. **Е.Ы. Бидайбеков,**
ф.-м.ғ.д. **М.Т. Дженалиев,**
ф.-м.ғ.д. ҚР ҰҒА академигі
М.Н. Калимолдаев,
ф.-м.ғ.д. **Б.А. Қожамқұлов,**
ф.-м.ғ.д. **Ф.Ф. Комаров (Беларусь),**
ф.-м.ғ.д. ҚР ҰҒА корр. мүшесі
В.Н. Косов,
т.ғ.д. **М.К. Құлбек,**
ф.-м.ғ.д. **В.М. Лисицин (Ресей),**
*п.ғ.д.***Э.М. Мамбетакунов (Қырғыз Республикасы),**
ф.-м.ғ.д. **С.Т. Мухамбетжанов,**
ф.-м.ғ.д. УР ҒА академигі
А.Садуллаев (Узбекистан),
д.п.н. **Е.А. Седова (Ресей),**
ф.-м.ғ.д. **А.Л. Семенов (Ресей),**
ф.-м.ғ.д. **К.Б. Тлебаев,**
т.ғ.д. ҚР ҰҒА корр. мүшесі
А.К. Тулешов,
ф.-м.ғ.д. ҚР ҰҒА академигі
Г.У. Уалиев

© Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, 2018

Қазақстан Республикасының Ақпарат министрлігінде тіркелген № 4824 – Ж - 15.03.2004
(Журнал бір жылда 4 рет шығады)
2000 жылдан бастап шығады

Басуға 30.06.2018 ж. қол қойылды
Пішімі 60x84 $^1/_8$.
Көлемі 60,63 е.б.т.
Таралымы 300 дана.
Тапсырыс 273

050010, Алматы қаласы,
Достық даңғылы,13

Абай атындағы ҚазҰПУ-ің “Ұлағат” баспасы

Мазмұны
Содержание

МАТЕМАТИКА. МАТЕМАТИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ
МАТЕМАТИКА. МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ

Абдикаликова Г.А., Айтенова Г.М., Сартабанов Ж.А. Многопериодическое решение системы интегро-дифференциальных уравнений в частных производных..... 7
Әбілқасымова А.Е., Тұяқов Е.А., Капарова Р.М., Дюсов М.С. Математиканы оқыту әдістемесінен практикалық сабақтарда болашақ математика мұғалімдерінің әдістемелік дайындығын жетілдіру..... 14
Байшемиров Ж.Д., Адиль Н., Бердышева Д. Об усредненной модели неравновесной однофазной фильтрации несжимаемых жидкостей ……. 19
Байшемиров Ж.Д., Жанбырбаев А.Б., Баймурзаев Д.Д. Об усредненной модели неравновесной двухфазной фильтрации несжимаемых жидкостей..... 23
Бейсебай П.Б., Мухамедиев Г.Х. Об одном методе нахождения частного решения линейного неоднородного уравнения с постоянными коэффициентами произвольного порядка..... 27
Бейсенби М.А., Башеева Ж.О., Сатыбалдина Д.К., Кишубаева А.Т. Синтез систем управления по выходу объекта градиентно-скоростным методом вектор функций Л.М.Ляпунова..... 38
Бектемесов М.А., Касенов С.Е., Әскербекова Ж.Ә. Итерационные методы решения прямой задачи для уравнения Гельмгольца..... 44
Бердышев А.С., Абдираманов Ж.А. Разрешимость начально-краевой задачи для уравнения гиперболического типа с памятью..... 50
Джургабаев С.Е., Каримов С.А. Екі өлшемді үшін бигармониялы теңдеулердің шеттік есептерінің Грин функциялары..... 53
Ильясова Р.А., Бекболғанов Е.Ж. Жалпы білім беретін мектептерде оқушылардың математикалық сауаттылығын қалыптастырудың теориялық негіздері..... 56
Ильясова Р.А., Бекболғанов Е.Ж. Қазіргі математикалық білім берудегі жаңашылдық – жаңа әдістемелік технология ……. 61
Искакова Н.Б., Маскеуова А., Саматова С. Об одном методе решения многоточечной краевой задачи для нагруженного обыкновенного дифференциального уравнения ……..…….. 65
Қайратқызы Ә., Нұрат И.Қ. , Шайхова Г.Н. Дисперсиялық емес жүйе теңдеулерінің нақты шешімдері 74
Калимолдаев М.Н., Абдилдаева А.А., Ахметжанов М.А., Галиева Ф.М. Модальды басқару жүйесінің көмегімен автоматты реттеу жүйесін оңтайландыру..... 79
Каратабанова С.Ж. Понятие обратной теоремы в математическом образовании 85
Karibayeva Y. Modeling of the Viral Diseases Spread Problem ……..... 88
Кульжумиева А.А., Жәшім Н.Б. Анализ существования периодического решения линейной однородной системы D_e -уравнений третьего порядка.. 94
Мирзакулова А.Е., Дауылбаев М.Қ. Құрақ-тұрақты аргументті сингулярлы ауытқыған дифференциалдық теңдеу үшін коши есебі шешімінің асимптотикалық жіктелуі …….. 101
Мирзакулова А.Е. Сингулярлы ауытқыған жоғарғы ретті интегралды-дифференциалдық теңдеу үшін коши есебі шешімінің асимптотикалық жіктелуі ……. 106
Назарова К.Ж., Алиханова Б.Ж., Еркишева Ж.С. Сызықты дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін интегралдық шартты шеттік есептің бірмәнді шешілуі және оның шешімін табудың алгоритмі..... 112
Нургабыл Д.Н., Алибекова К.А. Общая краевая задача для сингулярно возмущенных дифференциальных уравнений ……... 123
Сатыбалдиев О.С., Орынбасар А.М. Задачи оптимизации и их роль для профессиональной подготовки будущего учителя математики 128

Казахский национальный педагогический университет имени Абая

ВЕСТНИК

серия "Физико-математические науки"
№ 3 (63)

Главный редактор
д.ф.-м.н. **А.С. Бердышев**

***Редакционная коллегия*:**

Зам.главного редактора:
д.ф.-м.н. **З.Г. Уалиев**

Ответ. секретарь:
п.г.к. **О.С. Ахметова**

Члены редколлегии:
Dr.Sci. **Alimhan K. (Japan),**
*Phd.d.***Cabada A. (Spain),**
Phd.d. **Ruzhansky M. (England),**
п.г.д., член-корр НАН РК
А.Е. Абылкасымова,
д.т.н. **Е.Амиргалиев,**
к.ф.-м.н. **М.Ж. Бекпатшаев,**
д.п.н. **Е.Ы. Бидайбеков,**
д.ф.-м.н. **М.Т. Дженалиев,**
д.ф.-м.н., академик НАН РК
М.Н. Калимолдаев,
д.ф.-м.н. **Б.А. Кожамкулов,**
д.ф.-м.н. **Ф.Ф. Комаров (Республика Беларусь),**
д.ф.-м.н.., член-корр НАН РК
В.Н. Косов,
д.т.н. **М.К. Кулбек,**
д.ф.-м.н. **В.М. Лисицин (Россия),**
д.п.н. **Э.М. Мамбетакунов (Киргизская Республика),**
д.ф.-м.н. **С.Т. Мухамбетжанов,**
д.ф.-м.н., академик АН РУ
А.Садуллаев (Узбекистан),
д.п.н. **Е.А. Седова (Россия),**
д.ф.-м.н. **А.Л. Семенов (Россия),**
д.ф.-м.н. **К.Б. Тлебаев,**
д.т.н. **А.К. Тулешов,**
д.ф.-м.н., академик НАН РК
Г.У. Уалиев

© Казахский национальный педагогический университет им. Абая, 2018

Зарегистрирован в Министерстве информации Республики Казахстан, № 4824 - Ж - 15.03.2004 (периодичность – 4 номера в год)

Выходит с 2000 года

Подписано в печать 30.06.2018 г.
Формат 60x84 $^1/_8$.
Об. 60,63 уч.-изд.л.
Тираж 300 экз. Заказ 273.

050010, г. Алматы, пр. Достык,13,
Издательство «Ұлағат»
КазНПУ им. Абая

Сигаловский М.А. Дифференциальные свойства целевого функционала в одной обратной локационной задаче гравиметрии..... 134
Султанов М.А. Приближенное численное решение прямой задачи рассеяния …….. 142
Султанов М.А., Бердышева Д.А., Ибрагимов Р., Ерназар А.С. Численное решение двумерной задачи продолжения гравитационных полей методом сопряженных градиентов……..…….. 147
Sydykhov B.D. Alyaz A. Theoretical features of the future teacher preparation for the formation of functional literacy of primary school students in the integrated teaching of Mathematics and Physics……...……... 155
Темирбекова Л.Н. Модифицированный метод приближенного решения интегрального уравнения Фредгольма первого рода……..…… 161
Турметов Б.Х., Кошанова М.Д. Об одном методе построения решения линейных дифференциальных уравнений дробного порядка..... 165
Утемаганбетов З.С., Кулжагарова Б.Т.,Рамазанова Х.С., Кощанова Г.Р. Альтернативный и расширенный вариант метода прогонки численного решения 2-ой и 3-ей краевых задач для линейных дифференциальных уравнений второго порядка…… 171
Ysmagul R.S., Kolesnikova A.S. On one account system of integro-differential equations in private derivatives of first order..... 178

ФИЗИКА. ФИЗИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ
ФИЗИКА. МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ

Айтжанов С.Е., Жанузакова Д.Т., Ашурова Г.Р., Беимбетова А.Б. Разрушение решений обратной задачи для уравнения теплопроводности со степенной нелинейностью..... 182
Аскарова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Березовская И.Э., Бекетаева М.Т. Проведение вычислительных экспериментов по физике горения в высшем учебном заведении 193
Аширбаев Н.К., Бекмолдаева Р.Б., Дуйсебаева П.С., Полатбек А.М., J. Banaś О существовании решения квадратичного интегрального уравнения Урысона на неограниченном интервале……... 197
Баймолда Д., Чадраабал Ш. Табиғи минералдар құрамындағы темірді РФА және мессбауэр әдістерімен зерттеу 204
Баймолда Д., Халас С. Жер асты суларының изотоптық құрамын масс спектрометр әдісімен зерттеу 208
Башкиров М.В., Айсаев Е.С. Интеллектуальные энергосистемы……... 211
Бисембаев К., Серикбаева Н.Б. Исследование устойчивости состояния равновесия виброзащищаемых тел на опорах качения, со спрямленными поверхностями, с учетом деформируемости основания..... 216
Бисембаев К., Тезекеев С.М., Накыпбек Г.Р. Колебания физического маятника с вращающейся точкой подвеса, с неидеальным источником энергии 222
Диярова Л.Д. Некоторые особенности движения двухслойной жидкости в закрытых каналах ……..…… 231
Жилисбаева К.С., Жилисбаев А.А., Исмаилова А.Ж. Математическое моделирование задачи магнитной стабилизации намагниченного спутника на наклонной орбите ……..…….. 235
Искакова К.А., Бидайбеков Е.Ы. Механизм образования оксида меди(II) ……. 240
Искакова К.А. Получение тонких плёнок оксида меди ……..……. 245
Kassenova L.G. Specificity of Calculating the Relative Humidity in the Physics Training Course …….. 250
Kassenova L.G. Determination of the Gravity Acceleration of a Solid Body with a Physical Pendulum ……...…… 255
Кенжебаева М.О. Влияние подземной аномалии на гравитационное поле поверхности земли ……..……. 259
Косов В.Н., Красиков С.А., Федоренко О.В., Асембаева М.К. Опытный стенд для изучения массообменных характеристик многокомпонентных газовых смесей в наклонных каналах…….. 264

ABAI UNIVERSITY

BULLETIN
Ser. Physics & Mathematical Sciences

№ 3 (63)
Editor-in-Chief
Dr. Sci. **Berdyshev A.S.**

Deputy Editor-in-Chief:
Dr. Sci. **Ualiyev Z.G.**

Responsible editorial secretary:
Cand. Sci. (Ped.) **Akhmetova O.S.**

***Editorial board*:**
Dr.Sci. **Alimhan K. (Japan),**
Phd.d. **Cabada A. (Spain),**
Phd.d. **Ruzhansky M. (England),**
Dr. Sci. (Ped.), Corresponding member of the NAS of RK
Abylkasymova A.Ye.,
Dr.Sci.(Engineering)
Amirgaliyev Ye.,
Cand.Sci. **Bekpatshayev M.Zh.,**
Dr. Sci. (Ped.), **Bidaibekov Ye.Y.,**
*Dr. Sci.***Dzhenaliyev M.T.,**
Dr. Sci.., Academician of the NAS of RK **Kalimoldayev M.N.,**
*Dr. Sci.***Kozhamkulov B.A.,**
Dr. Sci.. **Komarov F.F. (Republic of Belarus),**
Dr. Sci., Corresponding member of the NAS of RK **Kosov V.N.,**
Dr.Sci.(Engineering) **Kulbek M.K.,**
*Dr. Sci.***Lisicin V.M. (Russia),**
Dr. Sci. (Ped.) **Mambetakunov E.M. (Kyrgyz Republic),**
Dr. Sci. **Mukhametzhanov S.T.,**
Dr. Sci., Academician of the AS of RU **Sadullayev A. (Republic of Uzbekistan),**
Dr. Sci. (Ped.) **Sedova Ye.A. (Russia),**
Dr. Sci. **Semenov A.L. (Russia),**
Dr. Sci. **Tlebayev K.B.,**
Dr.Sci.(Engineering) **Tuleshov A.K.,**
Dr.Sci., Academician of the NAS of RK **Ualiyev G.U.**

© Abai University, 2018

Registered in the Ministry of Information of the Republic of Kazakhstan,
№ 4824 - Ж - 15.03.2004
(Periodicity: 4 issues per year)
Published since 2000

Signed to print 30.06.2018 г.
Format 60x84 1/8. Vol. 60,63 p.
Printing 300 copies. Order 273

Publishing and Editorial:
050010, 13 Dostyk av.,
Almaty, Kazakhstan

Publisher "Ulagat"
Abai University

Косов В.Н., Молдабекова М.С., Мукамеденкызы В., Федоренко О.В., Хуандык А. Исследование влияния концентрации балластного газа (пропана) на распределение плотности смеси по длине канала ……...……. 267
Купчишин А.И., Таипова Б.Г., Лисицын В.М. Исследование свойств композитных материалов и их разрушение …… 272
Қуатхан Ғ.Қ. Галактикалардың классификациясы ……..…….. 278
Рахымбеков А.Ж. Суперионный перенос в твердом теле ……...…… 282
Сарибаев А.С., Сарыбай М.А, Молдахметова К.Н. Применение беспроводного устройства связи в системе контроля экспериментальной гелиоустановки …… 285
Toleukhanova A.B. A review of thermal energy storage processes with a focus on adsorption energy storage…….... 290
Turekhanova K.M., Kaliyeva D.S. Investigation of the electrons collision frequency in dense semiclassical plasma 297
Уалиев Г., Уалиев З.Г. Кинетостатический анализ механизмов независимого движения..... 302
Шалтабаев А.А., Ежембеков М.О. Сұлбатехника пәнінен жаңа оқыту методикасын қолдану……..... 306
Шалтабаев А.А., Туткышбаева Ш.С., Ежембеков М.О. Сұлбатехника пәнінен жаңа оқыту әдістемесін дайындау…….. 311
Shayakhmetov N.M., Kurmanseiit M.B., Aizhulov D.E. Modeling of the mineral leaching process by in-situ leaching method.……..... 317

ИНФОРМАТИКА. ИНФОРМАТИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ. БІЛІМ БЕРУДІ АҚПАРАТТАНДЫРУ ИНФОРМАТИКА, МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ИНФОРМАТИКИ. ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ

Абилханова Ж.Н., Бимолдина Ж.А. Аямбекова Н.Ә. Қашықтықтан оқытудың дамуы: жаңа технологиялардың қазақстанның ЖОО-дағы әсері және үлестірілмелі оқыту..... 323
Ахметова О.С., Ирисбаева М.Ф. Болашақ информатика мұғалімдерінде кәсіби құзыреттіліктің қалыптасуы..... 327
Бакытбек Б., Кожамкулова Ж.Ж., Оралбаева Г., Саркынов Н. Разработка современной автоматизированной системы управления торговлей на базе интернет-магазина 332
Баянбай Ф.Т., Бейсен А.Қ. Заманауи мұғалімнің біліктілігіне қойылатын талаптар 336
Гриншкун В.В., Бидайбеков Е.Ы., Конева С.Н., Байдрахманова Г.А. Роль и место компьютерной графики в формировании профессиональных качеств будущих учителей информатики в условиях цифровизации образования..... 341
Дуйсембаева Э.К., Ильясова Р.А. Использование информационно – коммуникационных технологий в процессе обучения математике..... 347
Essengabylov I.Zh., Aldabergenova A.O., Esseykyzy A. Methods of creating three-dimensional models in the google Sketchup 351
Ибраимкулов А.Е. Жаңартылған бағдарлама – білім берудегі сапалы нәтиженің көрсеткіші 357
Изтаев Ж.Д., Бибулова Д.А., Байжанова М.Т. Алгоритм подпрограммы управления кафе в ООП Delphi 7..... 362
Исаев С.Ә., Ахметова О.С., Ақжолова А.Ә. Білім беруде мобильді оқыту технологиясын қолданудың ерекшелігі..... 366
Исаев С.Ә., Рахманова С.С. Информатика мен математиканы оқыту үдерісінде ортабуын оқушылардың логикалық ойлау қабілетін жетілдіру проблемалары..... 370
Камалова Г.Б., Киселева Е.А. К вопросу подготовки педагогов в условиях глобализации 375
Камалова Г.Б., Ревшенова М.И. Информационно-вычислительная компетентность как одна из составляющих профессиональной подготовки будущего учителя информатики 381

Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті

ХАБАРШЫ

“Физика-математика ғылымдары” сериясы № 3 (63)

Бас редактор
ф.-м.ғ.д. **А.С. Бердышев**

***Редакция алқасы*:**
Бас ред. орынбасары:
ф.-м.ғ.д. **З.Г. Уалиев**

Жауапты хатшылар:
п.ғ.к. **О.С. Ахметова**

Редакциялық алқа мүшелері:
Dr.Sci. **Alimhan K. (Japan),**
*Phd.d.***Cabada A. (Spain),**
Phd.d. **Ruzhansky M. (England),**
п.ғ.д., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **А.Е. Абылкасымова,**
т.ғ.д. **Е.Амиргалиев,**
ф.-м.ғ.к. **М.Ж. Бекпатшаев,**
п.ғ.д. **Е.Ы. Бидайбеков,**
ф.-м.ғ.д. **М.Т. Дженалиев,**
ф.-м.ғ.д. ҚР ҰҒА академигі **М.Н. Калимолдаев,**
ф.-м.ғ.д. **Б.А. Қожамқұлов,**
ф.-м.ғ.д. **Ф.Ф. Комаров (Беларусь),**
ф.-м.ғ.д. ҚР ҰҒА корр. мүшесі **В.Н. Косов,**
т.ғ.д. **М.К. Құлбек,**
ф.-м.ғ.д. **В.М. Лисицин (Ресей),**
*п.ғ.д.***Э.М. Мамбетакунов (Қырғыз Республикасы),**
ф.-м.ғ.д. **С.Т. Мухамбетжанов,**
ф.-м.ғ.д. УР ҒА академигі **А.Садуллаев (Узбекистан),**
д.п.н. **Е.А. Седова (Ресей),**
ф.-м.ғ.д. **А.Л. Семенов (Ресей),**
ф.-м.ғ.д. **К.Б. Тлебаев,**
т.ғ.д. ҚР ҰҒА корр. мүшесі **А.К. Тулешов,**
ф.-м.ғ.д. ҚР ҰҒА академигі **Г.У. Уалиев**

© Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, 2018

Қазақстан Республикасының Ақпарат министрлігінде тіркелген № 4824 – Ж - 15.03.2004
(Журнал бір жылда 4 рет шығады)
2000 жылдан бастап шығады

Басуға 30.06.2018 ж. қол қойылды
Пішімі 60x84 $^1/_8$.
Көлемі 60,63 е.б.т.
Таралымы 300 дана.
Тапсырыс 273

050010, Алматы қаласы,
Достық даңғылы,13

Абай атындағы ҚазҰПУ-ің
“Ұлағат” баспасы

Кәрібай А.А., Байзакова Е.М. «Оқушылардың бейіндік оқуларын ұйымдастыру» пәніне электронды оқулық құру 384
Копеев Ж.Б., Мубараков А.М., Култан Я. Мектеп мен жоғарғы оқу орнындағы информатика курсы бойынша сабақтастық негіздемесі..... 389
Koshtayeva G.T., Sambetova R.A., Bayzhanova M.T. Big data: modern approaches to storage and processing 394
Кулмагамбетова Ж.К., Аман К.П. Модели обслуживания облачных технологий 397
Қыдыралина Л.М. Оқу орнының киберқауіпсіздік құралдарын қаржыландыру бойынша шешімдерді қолдау моделі..... 401
Мадьярова Г.А., Молдабеков Б.К. Желілік талдау арқылы R Studio ортасында деректерді визуалдау 407
Махатова В.Е., Шаждекеева Н.К., Габдулова А.Е., Абдуакасов М.Е. Применение электронных учебников в образовании..... 411
Миркасимова Т.Ш., Абилханова Ж.Н. Ақпараттық технология саласындағы программалау тілдерінің деңгейі 414
Муратова Г.И., Жабаев Е.Х. Web-қызметтері арқылы студенттердің өзіндік жұмысын ұйымдастыру 419
Нурбекова Ж.К., Аймичева Г.И. Принципы деятельностного подхода при формировании логической компетенции по проектированию мобильных приложений..... 422
Плотникова Т.Г. Возможности защиты информации: человеческий фактор 427
Сагитова Г.К., Мухамеджанова Г.С. Исследование деятельности регионов по поддержке процесса профессионального самоопределения студентов..... 432
Салбырова М.Т. Ақпараттық-коммуникациялық технологиялар арқылы оқушыларды жеке тұлғаға бағытталған оқытудың мүмкіндіктері мен артықшылықтары 437
Сапиева Г.Е., Керимова У.К., Кожамкулова Ж.Ж., Чингенжинова Ж.С. Әскери білім беруде ақпараттық коммуникациялық технологияларын пайдалану 441
Серік М., Карелхан Н. Білім беруге арналған кросплатформалы қосымшалар құруда параллель есептеулер қолдану 445
Урмашев Б.А., Кызайбаева С.К. Разработка алгоритмов задач химической кинетики для многоядерных графических процессоров..... 451
Утелбаева А.К., Алишева С.С., Рахымбек Н.Ж. Подпрограмма управления информационной системой «Библиотека»..... 458
Утелбаева А.К., Турганбекова М.М., Белесова Д.Т. Автоматизация учета работы информационной системы «Библиотека»……..… 462
Uteugalieva G.M. Development of digital educational resource for lessons of informatics in 8-9th grades using web technologies……...…… 467
Халықова К.З. Lesson Study - педагогикалық ЖОО-нда оқыту әдісін жетілдіру тәсілі ретінде ……...…….. 472
Шаймерденова Г.С., Айхынбай К.Т., Жайлаубаев Н.М. Участие родителей в образовании с использованием программного обеспечения Fedena для управления школами…….. 478
Шокишалов Ж.М. Трансшекаралық құжат алмасу жүйесіне көз қарашығын бақылау технологиясын қолдану……. 481

МАТЕМАТИКА, МАТЕМАТИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ
МАТЕМАТИКА,
МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ

УДК 517.946
ГРНТИ 27.33.19

Г.А. Абдикаликова[1], Г.М. Айтенова[2], Ж.А. Сартабанов[3]

[1] к.ф.-м.н., ассоциированный профессор, Актюбинский региональный государственный университет им. К.Жубанова, г. Актобе, Казахстан
[2] PhD-докторант Актюбинского регионального государственного университета им. К.Жубанова, г. Актобе, Казахстан
[3] д.ф.-м.н., профессор, Актюбинский региональный государственный университет им. К.Жубанова, г. Актобе, Казахстан

МНОГОПЕРИОДИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ СИСТЕМЫ ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ

Аннотация

Исследуется система интегро-дифференциальных уравнений в частных производных с оператором дифференцирования по направлениям векторного поля. Рассматриваемое уравнение не содержит пространственных переменных. Такие уравнения встречаются в исследованиях теории многопериодических решений уравнений в частных производных по временным переменным. Построен матрицант удовлетворяющий матричному уравнению и получены некоторые её свойства, связанные с многопериодичностью по временным переменным. Приведены представление многопериодического решения данной системы через резольвенту ядра. Для итерированных ядер и резольвенты получены оценки. На основе необходимого и достаточного условия периодичности с помощью матрицы типа Грина найдены многопериодические решения линейного интегро-дифференциального уравнения, а также выявлены дополнительные свойства решений. Установлены достаточные условия существования и единственности многопериодического по всем независимым переменным решения системы интегро-дифференциальных уравнений.

Ключевые слова: Интегро-дифференциальное уравнение, матрицант, резольвента, ядро, многопериодичность, матрица Грина.

Аңдатпа

Г.А. Абдикаликова[1], Г.М. Айтенова[2], Ж.А. Сартабанов[3]

ДЕРБЕС ТУЫНДЫЛЫ ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕҢДЕУЛЕР ЖҮЙЕСІНІҢ КӨППЕРИОДТЫ ШЕШІМІ

[1] ф.-м.ғ.к., қауым.профессор, Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік мемлекеттік университеті, Ақтөбе қ., Қазақстан
[2] Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік мемлекеттік университетінің PhD докторанты,, Ақтөбе қ., Қазақстан
[3] ф.-м.ғ.д.,профессор, Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік мемлекеттік университеті, Ақтөбе қ., Қазақстан

Векторлық өріс бағыты бойынша дифференциалдау операторлы дербес туындылы интегро-дифференциалдық теңдеулер жүйесі зерттеледі. Қарастырылатын теңдеуге кеңістік айнымалылары енбейді. Мұндай теңдеулер уақыт айнымалылары бойынша дербес туындылы теңдеулердің көппериодты шешімдерінің теориясын зерттеуде кездеседі. Матрицалық теңдеуге қанағаттандыратын матрицант тұрғызылды және уақыт айнымалылары бойынша көппериодтылықпен байланысты оның кейбір қасиеттері алынды. Ядроның резольвентасы арқылы аталмыш жүйенің көппериодты шешімі өрнектелді. Итерациаланған ядролар және резольвента үшін бағалаулар алынды. Грин типтес матрицаның көмегімен периодтылықтың қажетті және жеткілікті шарты негізінде сызықты интегро-дифференциалдық теңдеудің көппериодты шешімдері табылды, сонымен қатар шешімнің қосымша шарттары анықталды. Интегро-дифференциалдық теңдеулер жүйесінің

барлық тәуелсіз айнымалылары бойынша көпериодты шешімінің бар және жалғыз болуының жеткілікті шарттары орнатылды.

Түйін сөздер: Интегро-дифференциалдық теңдеу, матрицант, резольвента, ядро, көпериодтылық, Грин матрицасы.

Abstract

MULTIPERIODIC SOLUTIONS OF TNE SYSTEM INTEGRO-DIFFERENTIAL IN PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATIONS

Abdikalikova G.A.[1], Aitenova G.M.[2], Sartabanov Zh.A.[3]

[1] Cand. Sci. (Phys-Math), Associate Professor, K.Zhubanov Aktobe Regional State University, Aktobe, Kazakhstan

[2] PhD doctoral student, K.Zhubanov Aktobe Regional State University, Aktobe, Kazakhstan

[3] Dr. Sci. (Phys-Math), Professor, K.Zhubanov Aktobe Regional State University, Aktobe, Kazakhstan

System of integro-differential partial differential equations with an operator of differentiation with respect to directions of a vector field is investigated. The equation under consideration does not contain space variables. Such equations are encountered in studies in the theory of multiperiodic solutions of partial differential equations with respect to time variables. Matricant is constructed that satisfies the matrix equation. Received some of its properties are obtained related to the multiperiodical with respect to time variables. Representation of the multiperiodic solution of this system is given through the kernel resolvent. Estimates are obtained for iterated kernels and resolvents. We find multiperiodical solutions of the linear integro-differential equation using the necessary and sufficient condition periodical and a Green type matrix. And also additional properties of the solutions are identified. Sufficient conditions of the existence and uniqueness multiperiodical solution by all independent variables of system the integro-differential equations are established.

Key words: Integro-differential equation, matricant, resolvent, kernel, multiperiodical, Green matrix.

Рассмотрим линейное интегро-дифференциальное уравнение

$$D_c u(\tau,t) = A(\tau,t)u(\tau,t) + \int_{\tau}^{\tau+\theta} K(s,h(s,\tau,t))u(s,h(s,\tau,t))ds + f(\tau,t) \qquad (1)$$

с оператором дифференцирования $D_c = \frac{\partial}{\partial\tau} + \left\langle c, \frac{\partial}{\partial t}\right\rangle$, где $u(\tau,t)$ - искомая вектор-функция переменных $(\tau,t)\in R\times R^m$, c-постоянный m-вектор, $\left\langle c, \frac{\partial}{\partial t}\right\rangle$- скалярное произведение векторов c и $\frac{\partial}{\partial t} = \left(\frac{\partial}{\partial t_1},\ldots,\frac{\partial}{\partial t_m}\right)$, $h(\tau,s,a)$-характеристика оператора D_c с начальным условием $h(s,s,a)=a\in R^m$ при $s\in R=(-\infty;+\infty)$, $A(\tau,t)$ и $K(\tau,t)$ - $n\times n$-матрицы, $f(\tau,t)$- n- вектор-функция.

Как известно, интегро-дифференциальные уравнения возникают во многих разделах прикладной математики. Теории обыкновенных интегро-дифференциальных уравнений посвящено значительное количество работ. Отметим [1]-[7], где рассмотрены распространение результатов М.Урабе на системы интегро-дифференциальных уравнений [1], исследованы представление решения интегро-дифференциальных уравнений через резольвенту ядра [2], указана особая роль этих уравнений при описаний процессов с последействиями [3], а также их применения в математической биологии рассмотрены в [4]. В [5] исследованы почти периодические решения интегро-дифференциальных уравнений типа переноса. Установлены условий существования почти многопериодического решения по части переменных системы интегро-дифференциальных уравнений в частных производных [6]. Вопросы существования и построения многопериодических и псевдопериодических решений систем интегро-дифференциальных уравнений, содержащих пространственную переменную рассмотрены в [7-8].

Цель работы – установить достаточные условия существования и единственности многопериодического решения интегро-дифференциального уравнения в частных производных (1).

Предположим выполненными условия (θ,ω) - периодичности, непрерывности по $\tau\in R$ и непрерывной дифференцируемости по t, которых представим в виде

$$A(\tau+\theta,t+q\omega) = A(\tau,t)\in C_{\tau,t}^{(0,e)}\left(R\times R^m\right),\ q\in Z^m, \qquad (2)$$

$$K(\tau+\theta,t+q\omega)=K(\tau,t)\in C_{\tau,t}^{(0,e)}\left(R\times R^m\right),\ q\in Z^m, \tag{3}$$

$$f(\tau+\theta,t+q\omega)=f(\tau,t)\in C_{\tau,t}^{(0,e)}\left(R\times R^m\right),\ q\in Z^m, \tag{4}$$

где $e=(1,\ldots,1)$- m-вектор, показатель степени гладкости по $t=(t_1,\ldots,t_m)$, Z^m- множество целочисленных векторов $q=(q_1,\ldots,q_m)$, $q\omega=(q_1\omega_1,\ldots,q_m\omega_m)$- кратный период с кратностью q периода $\omega=(\omega_1,\ldots,\omega_m)$, периоды $\omega_0=\theta$, $\omega_1,\ldots,\omega_m$ - рационально несоизмеримые положительные постоянные.

Очевидно, что D_c- оператор дифференцирования по направлениям векторного поля $\frac{dt}{d\tau}=c$, характеристики которого определяются соотношением $t=a+c(\tau-s)$ с произвольным постоянным вектором $a=(a_1,\ldots,a_m)$ и параметром $s\in R$. Следовательно, $h(\tau,s,a)=a+c(\tau-s)$. Тогда $h(s,\tau,t)=t-c(\tau-s)$.

По известной методике [5] построения матрицанта уравнения $D_c w=A(\tau,t)w$ определим матрицу $W(\tau_0,\tau,t)$ на основе интегрального матричного уравнения

$$W(\tau_0,\tau,t)=E+\int_{\tau_0}^{\tau}A(s,t-c(\tau-s))W(\tau_0,s,t-c(\tau-s))ds \tag{5}$$

с единичной n-матрицей E, которая в силу условия (2) обладает свойством

$$W(s+\theta,\tau+\theta,t+q\omega)=W(s,\tau,t)\in C_{s,\tau,t}^{(0,1,e)}\left(R\times R\times R^m\right),\ q\in Z^m.$$

Решение интегрального уравнения (5) ищем в виде ряда

$$W(\tau_0,\tau,t)=\sum_{m=0}^{\infty}W_m(\tau_0,\tau,t), \tag{6}$$

где члены определяются из рекуррентных соотношений:

$$W_0(\tau_0,\tau_0,t)=E,$$

$$W_1(\tau_0,\tau,t)=\int_{\tau_0}^{\tau}A(s,t-c(\tau-s))W_0(\tau_0,s,t-c(\tau-s))ds=\int_{\tau_0}^{\tau}A(s,t-c(\tau-s))ds,$$

$$W_m(\tau_0,\tau,t)=\int_{\tau_0}^{\tau}A(s,t-c(\tau-s))W_{m-1}(\tau_0,s,t-c(\tau-s))ds.$$

Непосредственно можно убедиться в абсолютной и равномерной сходимости ряда (6).

Отметим, что матрицант $W(\tau_0,\tau,t)$ обладает свойством многопериодичности по τ_0,τ и t: $W(\tau_0+\theta,\tau+\theta,t+q\omega)-W(\tau_0,\tau,t)=0$, $q\in Z^m$.

Далее, заменой

$$u(\tau,t)=W(\tau_0,\tau,t)v(\tau,t) \tag{7}$$

из уравнения (1) имеем

$$D_c v(\tau,t)=\int_{\tau}^{\tau+\theta}Q(s,\tau_0,\tau,t)v(s,t-c(\tau-s))ds \tag{8}$$

с ядром $Q(s,\tau_0,\tau,t)=W^{-1}(\tau_0,\tau,t)K(s,t-c(\tau-s))W(\tau_0,s,t-c(\tau-s))$. В силу условия (3) обладает свойством $Q(s+\theta,\tau_0+\theta,\tau+\theta,t+q\omega)=Q(s,\tau_0,\tau,t)\in C_{s,\tau_0,\tau,t}^{(0,1,1,e)}\left(R\times R\times R\times R^m\right)$, $q\in Z^m$.

Матрицант V уравнения (8) определим как решение матричного интегрального уравнения

$$V(\tau_0,\tau,t)=E+\int_{\tau_0}^{\tau}d\sigma\int_{\sigma}^{\sigma+\theta}Q(s,\tau_0,\sigma,t-c(\tau-s))V(\tau_0,s,t-c(\tau-s))ds. \tag{9}$$

Решение уравнения (9) ищем в виде:

$$V(\tau_0,\tau,t)=\sum_{m=0}^{\infty}V_m(\tau_0,\tau,t) \tag{10}$$

с начальным приближением $V_0=E$ и находим $V_m(\tau_0,\tau,t)$ из соотношения

$$V_m(\tau_0,\tau,t)=\int_{\tau_0}^{\tau}d\sigma\int_{\sigma}^{\sigma+\theta}Q(s,\tau_0,\sigma,t-c(\tau-s))V_{m-1}(\tau_0,s,t-c(\tau-s))ds,\ m=1,2,\ldots. \tag{11}$$

Из (11) при $m=1$ следует $V_1(\tau_0,\tau,t)=\int_{\tau_0}^{\tau}\int_{\sigma}^{\sigma+\theta}Q(s,\tau_0,\sigma,t-c(\tau-s))dsd\sigma$.

Матрицу $V_2(\tau_0,\tau,t)$ получим на основе произведения двух матриц $Q(s,\tau_0,\tau,t)\left(\int_{\tau_0}^{\tau}\int_{\sigma'}^{\sigma'+\theta}Q(s',\tau_0,\sigma',t-c(\tau-s'))ds'd\sigma'\right)\equiv Q_2(s,\tau_0,\tau,t)$ путем интегрирования по $\tau=s'$ при $t:=t-c(\tau-s')$ от τ_0 до τ. Затем, меняя порядок интегрирования, учитывая групповое свойство и характеристики $h(s,\tau,t)=t-c(\tau-s)$ имеем

$$V_2(\tau_0,\tau,t)=\int_{\tau_0}^{\tau}\int_{\sigma}^{\sigma+\theta}Q_2(s,\tau_0,\sigma,t-c(\tau-s))dsd\sigma,$$

где $Q_2(s,\tau_0,\sigma,t-c(\tau-s))=\int_{\sigma}^{\tau}\int_{\sigma}^{\sigma+\theta}Q(s',\sigma,\sigma',t-c(\tau-s'))Q(s',\tau_0,\sigma',t-c(\tau-s))ds'd\sigma'$.

Продолжая этот процесс, получим

$$V_m(\tau_0,\tau,t)=\int_{\tau_0}^{\tau}\int_{\sigma}^{\sigma+\theta}Q_m(s,\tau_0,\sigma,t-c(\tau-s))dsd\sigma, \tag{12}$$

где ядро $Q_m(s,\tau_0,\sigma,t-c(\tau-s))$ определяется из рекуррентных соотношений

$$Q_{m+1}(s,\tau_0,\sigma,t-c(\tau-s))=\int_{\tau_0}^{\tau}\int_{\sigma}^{\sigma+\theta}Q(s',\sigma,\sigma',t-c(\tau-s'))Q_m(s',\tau_0,\sigma',t-c(\tau-s))ds'd\sigma'. \tag{13}$$

Для итерированных ядер (13) справедливы оценки

$$\|Q_1(s,\tau_0,\sigma,t-c(\tau-s))\|\le Q_0,\ \|Q_2(s,\tau_0,\sigma,t-c(\tau-s))\|\le Q_0^2\theta(\tau-\sigma),$$

$$\|Q_m(s,\tau_0,\sigma,t-c(\tau-s))\|\le Q_0^m\frac{\theta^{m-1}(\tau-\sigma)^{m-1}}{(m-1)!}. \tag{14}$$

Заметим, что все итерированные ядра $Q_m(s,\tau_0,\tau,t)$ многопериодичны:

$$Q_m(s+\theta,\tau_0+\theta,\tau+\theta,t+q\omega)=Q_m(s,\tau_0,\tau,t)\in C^{(0,1,1,e)}_{s,\tau_0,\tau,t}\left(R\times R\times R\times R^m\right),\ q\in Z^m.$$

Тем самым, учитывая (14) из (12) имеем $\|V_m(\tau_0,\tau,t)\|\le Q_0^m\frac{\theta^m(\tau-\tau_0)^m}{m!}$, $m=1,2,\ldots.$ Отсюда следует, что ряд (10) сходится абсолютно и равномерно относительно τ_0,τ,t для $\tau\ge\tau_0$.

В силу условия (2), (3) можно показать, что $V(\tau_0,\tau,t)$ многопериодична по τ_0,τ,t:

$$V(\tau_0+\theta,\tau+\theta,t+q\omega)=V(\tau_0,\tau,t)\in C^{(1,1,e)}_{\tau_0,\tau,t}\left(R\times R\times R^m\right),\ q\in Z^m.$$

Применяя (12) к ряду (10) получим

$$V(\tau_0,\tau,t)=E+\int_{\tau_0}^{\tau}\int_{\sigma}^{\sigma+\theta}\sum_{m=1}^{\infty}Q_m(s,\tau_0,\sigma,t-c(\tau-s))dsd\sigma. \tag{15}$$

Ряд $\sum_{m=1}^{\infty} Q_m(s,\tau_0,\sigma,t-c(\tau-s))$ сходится абсолютно и равномерно к непрерывной функции $R(s,\tau_0,\sigma,\tau,t-c(\tau-s))$, называемое резольвентой, которая при $\tau=\sigma$ обращается в ядро $Q(s,\tau_0,\sigma,t-c(\tau-s))$ и удовлетворяет интегральному уравнению

$$R(s,\tau_0,\sigma,\tau,t)=Q(s,\tau_0,\sigma,t-c(\tau-s))+$$
$$+\int_{\sigma}^{\tau}\int_{\sigma}^{\sigma+\theta} Q(s',\tau_0,\sigma',t-c(\tau-s'))\cdot R(s',\tau_0,\sigma',\tau,t-c(\tau-s))ds'd\sigma'. \quad (16)$$

Решение интегрального уравнения (16) ищем в виде ряда

$$R(s,\tau_0,\sigma,\tau,t)=\sum_{m=1}^{\infty} Q_m(s,\tau_0,\sigma,t). \quad (17)$$

Члены ряда (17) определяются из рекуррентных соотношений $Q_1(s,\tau_0,\sigma,t)=Q(s,\tau_0,\sigma,t)$,

$$Q_{m+1}(s,\tau_0,\sigma,t)=\int_{\sigma}^{\tau}\int_{\sigma}^{\sigma+\theta} Q(s',\tau_0,\sigma',t-c(\tau-s'))Q_m(s',\tau_0,\sigma',t-c(\tau-s))ds'd\sigma'.$$

Учитывая оценки (14) находим $\|R(s,\tau_0,\sigma,\tau,t)\|\le Q_0 e^{Q_0\theta(\tau-\sigma)}$, где $\|Q(s,\tau_0,\sigma,t)\|\le Q_0$, $Q_0=const$.

Заметим, что резольвента $R(s,\tau_0,\sigma,\tau,t)\in C^{(0,1,0,1,e)}_{s,\tau_0,\sigma,\tau,t}(R\times R\times R\times R\times R^m)$ обладает свойством многопериодичности: $R(s+\theta,\tau_0+\theta,\sigma+\theta,\tau+\theta,t+q\omega)=R(s,\tau_0,\sigma,\tau,t)$, $q\in Z^m$.

Далее используя $R(s,\tau_0,\sigma,\tau,t)$, запишем уравнение (15) в виде

$$V(\tau_0,\tau,t)=E+\int_{\tau_0}^{\tau} d\sigma\int_{\sigma}^{\sigma+\theta} R(s,\tau_0,\sigma,\tau,t-c(\tau-s))ds.$$

Таким образом, с учетом (7) имеем $U(\tau_0,\tau,t)=W(\tau_0,\tau,t)V(\tau_0,\tau,t)$.

Предположим, что матрицант уравнения

$$DU(\tau_0,\tau,t)=A(\tau,t)U(\tau_0,\tau,t)+\int_{\tau}^{\tau+\theta} K(s,t-c(\tau-s))U(\tau_0,s,t-c(\tau-s))ds$$

с условием $U(\tau_0,\tau_0,t)=E$ разлагается на сумму

$$U(\tau_0,\tau,t)=U_+(\tau_0,\tau,t)+U_-(\tau_0,\tau,t) \quad (18)$$

матричных решений $U_+(\tau_0,\tau,t)$ и $U_-(\tau_0,\tau,t)$ рассматриваемого уравнения, удовлетворяющие оценкам

$$|U_+(\tau_0,\tau,t)|\le\delta_+ e^{-\gamma(\tau-\tau_0)},\ \tau_0\le\tau,\ |U_-(\tau_0,\tau,t)|\ge\delta_- e^{\gamma(\tau-\tau_0)},\ \tau_0\le\tau, \quad (19)$$

где $\delta=\max\{\sup|U_+(\tau_0,\tau,t)|,\sup|U_-(\tau_0,\tau,t)|\}$, $\gamma\ge\delta\tilde{K}$, $\tilde{K}=\sup|K(s,t-c(\tau-s))|$.

Учитывая (18)-(19) можно построить матрицу типа Грина в виде

$$G(\tau_0,\tau,t)=\begin{cases}U_+(\tau_0,\tau,t),\ \tau_0\le\tau,\\ -U_-(\tau_0,\tau,t),\ \tau_0>\tau.\end{cases} \quad (20)$$

Отметим, что $U_+(\tau_0,\tau,t)$ и $U_-(\tau_0,\tau,t)$ кроме свойств непрерывности и непрерывной дифференцируемости, обладают свойством многопериодичности:

$U_+(\tau_0+\theta,\tau+\theta,t+q\omega)=U_+(\tau_0,\tau,t)$ и $U_-(\tau_0+\theta,\tau+\theta,t+q\omega)=U_-(\tau_0,\tau,t)$.

Нетрудно показать, что матрица типа Грина $G(s,\tau,t)$ обладает свойствами:

i_1. $DG(s,\tau,t)=A(\tau,t)G(s,\tau,t)$,

i_2. $G(s,\tau+0,t)-G(s,\tau-0,t)=E$,

i_3. $\|G(s,\tau,t)\|\le\delta e^{-\gamma(\tau-s)}$, $s\ne\tau$,

i_4 . $G(\tau_0+\theta,\tau+\theta,t+q\omega)=G(\tau_0,\tau,t)\in C^{(1,1,e)}_{\tau_0,\tau,t}\left(R\times R\times R^m\right)$,

i_5 . $\left\|\frac{\partial G}{\partial t}(\tau_0,\tau,t)\right\|\le\delta^* e^{-\frac{\gamma}{2}(\tau-\tau_0)}$ при $-\gamma<-\frac{\gamma}{2}$,

i_6 . $\|G(\tau,s,\bar t-c(\tau-s))-G(\tau,s,t-c(\tau-s))\|\le\left\|\frac{\partial G}{\partial t}(\tau,s,\tilde t-c(\tau-s))\right\|\cdot\|\bar t-c(\tau-s)-(t-c(\tau-s))\|$,

где $\tilde t=t-c(\tau-s)+\varsigma_1(\bar t-t)$, $0<\varsigma_1<1$.

Теперь приступим к нахождению функций $u(\tau,t)$ удовлетворяющей интегро-дифференциальному уравнению (1) и начальному условию

$$u(\tau_0,t)=\varphi(t)\in C^e_t\left(R^m\right). \tag{21}$$

Решение задачи Коши (1), (21) ищем в виде

$$u(\tau,t)=[U_-(\tau_0,\tau,t)+U_+(\tau_0,\tau,t)]\varphi(t-c(\tau-\tau_0))+$$
$$+\int_{\tau_0}^{\tau}U_-(s,\tau,t)f(s,t-c(\tau-s))ds+\int_{\tau_0}^{\tau}U_+(s,\tau,t)f(s,t-c(\tau-s))ds\equiv u_-(\tau,t)+u_+(\tau,t) \tag{22}$$

где

$$u_-(\tau,t)=U_-(\tau_0,\tau,t)\varphi(t-c(\tau-\tau_0))+\int_{\tau_0}^{\tau}U_-(s,\tau,t)f(s,t-c(\tau-s))ds, \tag{22a}$$

$$u_+(\tau,t)=U_+(\tau_0,\tau,t)\varphi(t-c(\tau-\tau_0))+\int_{\tau_0}^{\tau}U_+(s,\tau,t)f(s,t-c(\tau-s))ds. \tag{22b}$$

Рассмотрим два случая а) $\tau\ge\tau_0$ и б) $\tau<\tau_0$.

а) Для $\tau\ge\tau_0$ функцию $\varphi(t)$ постараемся определить из соотношения (22a);

б) На основе необходимого и достаточного условия многопериодичности

$$u(\tau_0+\theta,t)=u(\tau_0,t)\in C^{(0,e)}_{\tau_0,t}\left(R\times R^m\right) \tag{23}$$

методом последовательных приближений начальную функцию при $\tau<\tau_0$ определим из уравнения (22b). Применяя (21), (23) к (22) получим

$$\varphi(t)=U_-(\tau_0,\tau_0+\theta,t)\varphi(t-c(\tau_0+\theta-s))+$$
$$+\int_{\tau_0}^{\tau_0+\theta}U_-(\tau_0,s,t-c(\tau_0+\theta-s))f(s,t-c(\tau_0+\theta-s))ds. \tag{24}$$

Введем обозначение $\psi(t)=\int_{\tau_0}^{\tau_0+\theta}U_-(\tau_0,s,t-c(\tau_0+\theta-s))f(s,t-c(\tau_0+\theta-s))ds$ и сделаем сдвиг интервала интегрирования на период θ и с учетом θ-периодичности $U_-(\tau_0,\tau,t-c(\tau-s))$ и вектор-функции $f(\tau,t-c(\tau-s))$ получим $\psi(t)=\int_{\tau_0-\theta}^{\tau_0}U_-(\tau_0,s,t-c(\tau_0-s))f(s,t-c(\tau_0-s))ds$.

Будем решать уравнение (24) методом последовательных приближений. Положим

$\varphi_0(t)=\psi(t),\ldots,\quad\varphi_m(t)=U_-(\tau_0,\tau_0+\theta,t-c(\tau_0+\theta-s))\varphi_{m-1}(t-c(\tau_0-s))+\psi(t)$, $m=1,2,\ldots$.

Применяя метод полной математической индукции имеем

$$\varphi_m(t)=\int_{\tau_0-m\theta}^{\tau_0}U_-(\tau_0,s,t-c(\tau_0-s))f(s,t-c(\tau_0-s))ds.$$

Можно убедиться, что последовательность $\{\varphi_m(t)\}$ сходится равномерно для всех $t\in R^m$ к предельной вектор-функции

$$\varphi^*(t)=\int_{-\infty}^{\tau_0} U_-(\tau_0,s,t-c(\tau_0-s))f(s,t-c(\tau_0-s))ds. \qquad (25)$$

Подставляя (25) в (22), по ходу используя групповое свойство, получим:

$$u_-^*(\tau,t)=\int_{-\infty}^{\tau} U_-(\tau_0,s,t-c(\tau-s))f(s,t-c(\tau-s))ds.$$

Аналогично поступаем с $U_+(\tau_0,\tau,t)$: $u_+^*(\tau,t)=\int_{-\infty}^{\tau} U_+(\tau_0,s,t-c(\tau-s))f(s,t-c(\tau-s))ds$.

Найденные $u_-^*(\tau,t)$ и $u_+^*(\tau,t)$ подставляя в (22) находим

$$u^*(\tau,t)=\int_{-\infty}^{\tau} U_-(\tau_0,s,t-c(\tau-s))f(s,t-c(\tau-s))ds+\int_{-\infty}^{\tau} U_+(\tau_0,s,t-c(\tau-s))f(s,t-c(\tau-s))ds. \qquad (26)$$

Ввиду ограниченности функции $f(\tau,t)$ несобственный интеграл в правой части (26) будет сходящимся. С учетом решения, найденные в $(-\infty,\tau_0)$, $(\tau_0,+\infty)$, (20) из (26) имеем:

$$u^*(\tau,t)=\int_{-\infty}^{\tau} G(\tau_0,s,t-c(\tau-s))f(s,t-c(\tau-s))ds. \qquad (27)$$

Отметим некоторые свойства функции $u^*(\tau,t)$:

1) функция $u^*(\tau,t)$ удовлетворяет уравнению (1) и при $\tau\to\tau_0+0$ обращается в $\varphi^*(t)$;

2) она является (θ,ω)- периодической функцией;

3) $\|u^*(\tau,t)\|\le\frac{\delta}{\gamma}\|f\|$, где $\|f(\tau,t)\|=\sup|f(\tau,t)|$; (28)

4) решение $u^*(\tau,t)$ единственно.

Полученный результат сформулируем в виде теоремы.

Теорема. Если выполнены условия (2)-(4) и (18), то при $\gamma>\delta\tilde{K}$ интегро-дифференциальное уравнение (1) имеет единственное многопериодическое решение (27), удовлетворяющее условию (28).

Список использованной литературы:

1 Самойленко А.М., Нуржанов О.Д. Метод Бубнова-Галеркина построения периодических решений интегро-дифференциальных уравнений типа Вольтера //Диффренц. уравнения, №8, т.15 (1979). С. 1503-1517.

2 Барбашин Е.А. Введение в теорию устойчивости. - М.: Наука, 1967. - 224 с.

3 Быков Я.В. О некоторых задачах теории интегро-дифференциальных уравнений. - Фрунзе: Киргиз. гос. ун-т, 1957. - 328 с.

4 Нахушев А.М. Уравнения математической биологии. - М.: Высшая школа, 1995. - 301 с.

5 Умбетжанов Д.У. Почти периодические решения эволюционных уравнений. - Алма-Ата: Наука, 1990. - 184 с.

6 Умбетжанов Д.У., Бержанов А.Б. О существовании почти многопериодического решения одной системы интегро-дифференциальных уравнений в частных производных //Изв. АН КазССР, Сер. физ.-матем., №5 (1983). С. 11-15.

7 Сартабанов Ж.А. Псевдопериодические решения одной системы интегро-дифференциальных уравнений //Укр.математический журнал, №1,т. 41 (1989). С.125-130.

8 Сартабанов Ж.А. Многопериодическое решение одной системы интегродифференциальных уравнений //Изв. АН КазССР, Сер.физ.-матем., №5 (1987). С. 51-56.

УДК 517
ГРНТИ 27.23

А.Е. Әбілқасымова[1], Е.А. Тұяқов[2], Р.М. Капарова[3], М.С. Дюсов[4]

[1]п.ғ.д., профессор, Абай атындағы Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2]п.ғ.к., доцент, Абай атындағы ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[3,4] PhD докторант, Абай атындағы ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

МАТЕМАТИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІНЕН ПРАКТИКАЛЫҚ САБАҚТАРДА БОЛАШАҚ МАТЕМАТИКА МҰҒАЛІМДЕРІНІҢ ӘДІСТЕМЕЛІК ДАЙЫНДЫҒЫН ЖЕТІЛДІРУ

Аңдатпа

Мақалада «Математиканы оқыту әдістемесі» курсынан практикалық сабақтарда болашақ математика мұғалімдерінің әдістемелік дайындығын жетілдіру мәселелері қарастырылады. Алгоритмдік, жартылай алгоритмдік, эвристикалық есептерді шығаруға үйретудің жолдары көрсетіледі. Математикалық анализ курсының элементтерін кәсіби-бағдарда оқыту кезінде практикалық сабақтарда туындыны табудың, функцияның графигіне жүргізілген жанаманың теңдеуін жазудың алгоритмдері бар есептер талқыланады. Алгоритмді қолданып, туындыны табудың, функцияның графигіне жүргізілген жанаманың теңдеуінің формулаларын пайдаланып шығарылатын есептерді түсіндірудің әдістемесі қарастырылады. Интеграл ұғымын қалыптастыру, интегралдың қолданылуына берілген есептердің шығарылу жолдары көрсетіледі. «Математиканы оқыту әдістемесі» курсын кәсіби-бағдарлы оқыту кезінде практикалық сабақтарда оқытушының басшылығымен студенттердің іс-әрекеті, кәсіпқойлық білік пен дағды, яғни кәсіптік есептердің неғұрлым тиімді шешімдерін таңдау білігі қалыптасады. Білім, білік және дағдының қалыптасуын анықтау міндеттері есептер арқылы тексеріледі «Математиканы оқыту әдістемесі курсынан» практикалық сабақтарда есеп шығару арқылы студенттердің білім, білік және дағдысын қалыптастыру әдістемесі шыңдалады, студенттердің әдістемелік дайындығы жетілдіріледі. Болашақ математика мұғалімдерінің әдістемелік дайындығын жетілдірудің маңызды элементтерінің бірі ретінде практикалық сабақтарда есеп шығару арқылы математикалық анализ элементтерін оқытуға көп назар аударып, олардың шығармашылық қабілетін дамытуға, формализмге жол бермеуге үйретіледі.

Түйін сөздер: Математиканы оқыту әдістемесі, практикалық сабақ, әдістеме, студенттерді әдістемелік дайындау, кәсіби-бағдарлы оқыту, математикалық есептер, алгоритмдік есептер, жартылай алгоритмдік есептер, эвристикалық есептер.

Аннотация

А.Е. Абылкасымова[1], Е.А. Туяков[2], Р.М. Капарова[3], М.С. Дюсов[4]

[1] д.п.н., профессор, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан
[2] к.п.н., доцент, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан
[3,4] PhD докторант, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ МАТЕМАТИКИ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ ПО МЕТОДИКЕ ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ

В статье рассматриваются вопросы совершенствования методической подготовки будущих учителей математики на практических занятиях курса «Методика преподавания математики». Разработаны способы обучения решению алгоритмических, полуалгоритмических и эвристических задач. Для профессиональной ориентированности обучения на практических занятиях по курсу «Математического анализа» использованы задачи с алгоритмами нахождения производных функций и восстановления уравнения касательной к графику функции. Разработана методика применения алгоритмов при решении задач на нахождение производных и использование формулы уравнения касательной к графику функции. Приведены различные способы решения задач на усвоение, углубление понятия интеграла и задач на применение интегралов. При профессионально-ориентированном обучении под руководством преподавателя на практических занятиях по курсу «Методика преподавания математики» закрепляются профессиональные знания, умения и навыки, т.е. формируется умение выбора наиболее рационального способа решения специально подобранных задач. При решении умело подобранных задач проверяется качество усвоения знания, формирования умений, закрепления навыков. При решении задач на практических занятиях по курсу «Методика преподавания математики» улучшается методическая подготовка студентов, совершенствуется методика закрепления усвоения учебного материала. Одним из важных элементов совершенствования методической подготовки будущих учителей математики выступает решение задач из курса математического анализа, которое способствует развитию творческих способностей, избавляет от формализма.

Ключевые слова: Методика преподавания математики, практическое занятие, методика, методическая подготовка студентов, профессионально-ориентированное обучение, математические задачи, алгоритмические задачи, полуалгоритмические задачи, эвристические задачи.

Abstract

IMPROVING FUTURE MATHEMATICS TEACHERS' METHODOLOGICAL TRAINING AT PRACTICAL LESSONS ON METHODS OF TEACHING MATHEMATICS

Abylkasymova A.E.[1], Tuyakov E.A.[2], Kaparova R.M.[3], Dyusov M.S.[4]

[1] Dr. Sci. (Pedagogical), Professor, Abai University, Almaty, Kazakhstan

[2] Cand. Sci. (Pedagogical), Associate Professor, Abai University, Almaty, Kazakhstan

[3,4] PhD doctoral student, Abai University, Almaty, Kazakhstan

In the article the authors consider the problems of improving future Mathematics teachers' methodological training at practical lessons of the course "Methods of Teaching Mathematics". The methods of teaching how to solve algorithmic, semi-algorithmic and heuristic problems were developed. For the professional orientation of teaching, some problems with algorithms of finding derivative functions and the equation of the tangent line for a function were used at practical lessons on the course of "Mathematical analysis". The methods of applying algorithms when solving problems of finding derivatives and using the formula of the tangent line for a function were developed. Various methods of solving problems of acquiring and deepening the concept of the integral, and problems of applying integrals are given. While teaching oriented on profession, under a teacher's guide, at practical lessons on the course of Methods of teaching Mathematics, professional knowledge, abilities and skills are intencified, i.e. the ability to choose the most rational method of solving the problems specially chosen for this aim are developed. When students solve problems properly chosen it is easier to monitor the quality of their learning, developing their abilities, and intensifying their skills. When students solve problems at practical lessons on the course of Methods of teaching Mathematics their methodological training is improved, the methods of acquiring and consolidating teaching material are developed further. One of important ways of improving future Mathematics teachers' methodological training is solving problems of Mathematical analysis, which contributes to the development of creative abilities and eliminates informality.

Key words: Methods of teaching Mathematics, practical lesson, methods, methodological training of students, profession-oriented teaching, mathematical problems, algorithmic problems, semi-algorithmic problems, heuristic problems.

«Математиканы оқыту әдістемесі» курсы математиканың оқу пәні ретіндегі өзіндік ерекшеліктерін ескере отырып, дидактиканы нақтылай түседі, психологиялық-дидактикалық негізде жалпы әдістемелік идеяларды, қағидалар мен нұсқауларды жасайды, сонымен қатар осы білімдерді мектеп математика курсының нақты тақырыптарын оқып-үйренуде қолданудың жолдарын айқындайды [1].

Болашақ математика мұғалімдерін дайындайтын жоғары оқу орнында «Математиканы оқыту әдістемесі» курсы міндетті компонент болып табылады. Болашақ математика мұғалімдерін дайындау кезінде математикалық анализ курсының элементтерін кәсіби-бағдарлы оқытуда практикалық сабақтардың алатын орны зор.

Практикалық сабақтар оқу үдерісін ұйымдастырудың формасы ретінде тұлғаның қалыптасуының құралдарының бірі екені белгілі. Педагогикалық үдерісте практикалық сабақтарды өткізу арқылы кәсіби бағдарлы оқытудың басты мақсатына-оқу материалын қалыптастыруға және дамытуға қол жеткізуге болады. Практикалық сабақтар дәрістің жалғасы және оқытушының студенттермен қарым-қатынасының формасы болып табылады.

«Математиканы оқыту әдістемесі» курсын кәсіби-бағдарлы оқыту кезінде практикалық сабақтарда оқытушының басшылығымен студенттердің іс-әрекеті, кәсіпқойлық білік пен дағды, яғни кәсіптік есептердің неғұрлым тиімді шешімдерін таңдау білігі қалыптасады.

Егер дәріс ғылыми білімнің іргетасын қаласа, практикалық сабақтар осы білімдерді тереңдетеді, кәсіби білік пен дағдыны қалыптастыруға ықпал етеді. Практикалық сабақтар теория мен тәжірибенің байланысын жүзеге асырудың өзіндік нысанына жатады.

Практикалық сабақтарды ұйымдастыру құрылымы тек оқытушы мен студенттің өзара қатысуымен ғана емес, олардың оқыту және оқып-үйрену үдерістеріне қатысуымен ерекшеленеді.

Практикалық сабақтарда негізінен білік пен дағды қалыптасады. Болашақ математика мұғалімінің «Математиканы оқыту әдістемесі» курсынан алатын білімінде білік пен дағдының жүзеге асатын жолдары - есептер шығару.

Математикалық анализ курсының элементтерін кәсіби бағдарда оқытуды математикалық есептерсіз қарастыру мүмкін емес. Сондықтан практикалық сабақтарда есеп шығару арқылы білік пен дағдыны қалыптастыру математикалық анализ курсының элементтерін кәсіби бағдарда оқытудың негізі болып табылады [2].

Есеп шығару «Математикалық анализ» курсын кәсіби бағдарда оқытудың ажырамас элементі, себебі есеп шығару арқылы:

- жаңа математикалық ұғымдар мен мағлұматтарды үйретуге;
- тәжірибелік білік пен дағдыны қалыптастыруға;
- білімнің сапасын тексеруге;
- мәселе қою және мәселелік ахуал туғызуға;
- студенттердің өздігімен шығармашылық қабілеттерін дамытуға;
- студенттердің математикалық анализ курсы элементтерінің қабілеттерін дамытуға т.б. болады.

Студент есеп шығарғанда алған мағлұматтарын бағалап, қорытындылап отырған жағдайда есеп арқылы білім алады. Сондықтан есептің математикалық анализ курсының элементтерін кәсіби-бағдарда оқытуда рөлі аса зор.

Алгоритмдік есептерге анықтамаларды, формулаларды, теоремаларды тікелей қолдану арқылы шығарылатын есептерді, шығарудың дайын алгоритмі бар есептерді, оқыған теориялық қағидалар мен меңгерілген алгоритмнің тәжірибелік әдістерін қолдану арқылы шығарылатын есептерді жатқызады.

Математикалық анализ курсының элементтерін кәсіби бағдарда оқытуда алгоритмдердің, алгоритмдік есептердің рөлі зор, алгоритм бойынша есеп шығару жолы қажетті нәтижеге тез және жеңіл жеткізетін жол, ал алгоритмді білмегендік көптеген қателер жіберуге, уақытты көп жоғалтуға мәжбүр етеді.

Студенттерді маңызды алгоритмдерге, анықтамаларды, теоремаларды, формулаларды тікелей қолдануға үйретуде және оларды тиісті ситуацияда қалыпты әрекет жасауға үйретуде алгоритмдік есептердің рөлі зор [3, Б.135].

«Математиканы оқыту әдістемесі» курсының бекітілген типтік оқу бағдарламасына сәйкес математикалық анализ элементтерін оқытып-үйрету әдістемесіне енетін мазмұны арифметикалық және геометриялық прогрессиялар; шек және функцияның үзіліссіздігі ұғымдары; туынды ұғымын қалыптастыру; функцияны зерттеуде туындыны пайдалану; жанаманың теңдеуі; интеграл ұғымын қалыптастыру; интегралдың қолданылуы тақырыптарын қамтиды.

«Математикалық анализ» курсының кейбір теориялық алгоритмін көрсетейік [4,5]:

Алгоритм №1

$y = f(x)$ функциясының дифференциалдану алгоритмінің схемасы:

1. $x + \Delta x$ ннүктесі $y = f(x)$ функциясының анықталу облысында жататындай етіп аргумент x -ке Δx өсімшесін береміз де $f(x + \Delta x)$ - ті табамыз;

2. Δx өсімшеге сәйкес функция өсімшесін, яғни $\Delta y = f(x + \Delta x) - f(x)$ анықтаймыз;

3. Функция өсімшесінің аргумент өсімшесіне қатынасын табу, яғни

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x};$$

4. Аргументке өсімшесі Δx нөлге ұмтылғандағы қатынастың шегін есептейміз, яғни

$$\lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x} = f'(x).$$

Алгоритм №2

$y = f(x)$ функциясының графигінің $x = x_0$ нүктесіне жүргізілген жанаманың теңдеуін жазу үшін:

1. $f(x_0)$ есептеу;

2. $f'(x_0)$ есептеу;

3. Алынған $f(x_0)$, $f'(x_0)$ мәндерін $y = f(x_0) + f'(x_0)(x - x_0)$ жанаманың жалпы теңдеуіне қоямыз.

Осы алгоритмдерді қолданып, есептер қарастырайық:

Есеп 1. $y = x^3 - 2x + 7$ функциясының x нүктесіндегі туындысын табайық.

Шешімі:

1 қадам. $y + \Delta y = (x + \Delta x)^3 - 2(x + \Delta x) + 7 =$

$= x^3 + 3x^2 \cdot \Delta x + 3x \cdot (\Delta x)^2 + (\Delta x)^3 - 2x - 2 \cdot \Delta x + 7.$

2 қадам. $y + \Delta y = x^3 + 3x^2 \cdot \Delta x + 3x \cdot (\Delta x)^2 + (\Delta x)^3 - 2x - 2 \cdot \Delta x + 7.$

$$y = x^3 - 2x + 7.$$

$$\Delta y = 3x^2 \cdot \Delta x + 3x(\Delta x)^2 + (\Delta x)^3 - 2 \cdot \Delta x$$

3 қадам. $\frac{\Delta y}{\Delta x} = 3x^2 + 3x \cdot \Delta x + (\Delta x)^2 - 2.$

4 қадам. $\frac{dy}{dx} = 3x^2 - 2.$

немесе

$$y' = \frac{d}{dx}\left(3x^3 - 2x + 7\right) = 3x^2 - 2.$$

Жауабы: $y' = 3x^2 - 2.$

Есеп 2. $f(x) = \frac{1}{2} tg\, 3x$ функциясының графигінің $x_0 = \frac{\pi}{12}$ нүктесіне жүргізілген жанаманың теңдеуін жазыңыз:

Шешімі:

$f(x_0)$ функциясының мәнін есептейміз:

$$f(x_0) = f\left(\frac{\pi}{12}\right) = \frac{1}{2} tg\, \frac{\pi}{4} = \frac{1}{2};$$

Берілген функцияның туындысын табамыз:

$$f'(x) = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\cos^2 3x} \cdot (3x)' = \frac{3}{2\cos^2 3x};$$

$f'(x)$ функциясының мәнін есептейміз:

$$f'(x_0) = f\left(\frac{\pi}{12}\right) = \frac{3}{2\cos^2 \frac{\pi}{4}} = 3;$$

Алынған $f(x_0), f'(x_0)$ мәндерін $y = f'(x_0)(x - x_0) + f(x_0)$ жанаманың жалпы теңдеуіне қойып, мынаны аламыз:

$$y = 3\left(x - \frac{\pi}{12}\right) + \frac{1}{2} = 3x + \frac{1}{2} - \frac{\pi}{4}.$$

Жауабы: $y = 3x + \frac{1}{2} - \frac{\pi}{4}.$

Жартылай алгоритмдік есептерді шығару ережесі жалпылама сипатта болатын және қарапайым амалдарда біріктіруге толық келтіруге болмайтын есептерді жатқызады, бұл есептердің элементтерінің арасындағы байланысты студенттер оңай тауып ала алады.

Жартылай алгоритмдік есептердің құрамында алгоритмдік есептер болады. Жартылай алгоритмдік есептерді шығарғанда оқытылған материалды, есеп шығару ережелерін жалпылау жұмыстары жүзеге асырылады.

Эвристикалық есептерге шығарылу шарты мен талабының арасындағы кейбір жасырын байланыстарды анықтауды немесе шығару тәсілін талап ететін, бұл тәсіл студентке белгілі кейбір жалпы ережелерді нақтылауда көрініп тұрмаған есептерді жатқызады. Мұндай есептерді шығарғанда студент эвристикалық әдістерді пайдалануы тиіс [3, Б.136].

Математикалық анализ курсының элементтерін кәсіби бағдарда оқыту үдерісінде есептерді шешу мәселесі ертеден белгілі және кең талқыланып келе жатқан, бірақ бүгінгі күнге дейін түбегейлі шешімін таппаған мәселе. Әр кезеңде ол әртүрлі шешіледі. Бұл мәселені шешуге байланысты үш кезеңді көрсетуге болады:

- математикалық анализ курсының элементтерінен есеп шығаруды үйрету мақсатында кәсіби бағдарда оқыту;

- математикалық анализ курсының элементтерін кәсіби бағдарда оқытуды есеп шығарумен қоса жүргізу;

- математикалық анализ курсының элементтерін есеп шығару арқылы кәсіби бағдарда оқыту.

Есеп шығару-математикалық іс-әрекеттерді дамытудың ғана емес, білімді, білікті, әдістерді меңгерудің және математикалық анализ курсының элементтерін кәсіби бағдарда оқытудың тиімді түрі болып табылады.

Жоғары оқу орнында есеп оқу үдерісінде әртүрлі рөлді көрсетеді:

- оқытушының баяндаған теориялық материалын бекіту үшін;
- өз бетімен жаңа білім алу үшін;
- білімді бақылау үшін.

Есептер математиканы оқыту әдістемесі курсы оқыту үдерісінде студенттердің негізгі математикалық білім, білік пен дағдысын қалыптастыратын басты құралы болады.

Математикалық анализ курсының элементтерін кәсіби бағдарда оқыту барысында есептер шығару әр түрлі міндеттерді орындайды: оқыту, тәрбиелеу, дамыту және бақылау. Барлық есептер кәсіби-бағдарда оқыту міндетін орындайды. Есепті шығарғанда студенттердің білім, білік және дағдысы қалыптасады. Әр есеп тәрбиелік функцияны атқарады. Есеп шығару студенттердің сөйлеу мәдениетіне, мінез - құлқының қалыптасуына, табандылыққа, шыдамдылыққа, қиындықты жеңе білу сияқты қасиеттерін қалыптастыруға ықпал етеді. Есеп студенттердің логикалық ойлау, кеңістіктік елестету қабілеттерін дамытуға себепші болатын басты құрал екені белгілі. Білім, білік және дағдының қалыптасуын анықтау міндеттері көп жағдайда есептер арқылы тексеріледі [2, Б.158].

«Математиканы оқыту әдістемесі» курсының есептерін тиімді талдау үшін білімді шартты түрде үш топқа бөлуге болады: теориялық білім, математикалық есептер, теориялық білім мен математика есептерінің арасындағы өзара байланысты орнату.

Кәсіби бағдарда оқыту үдерісінде студенттердің математикалық анализ курсының элементтерінің есептерін шығару білігінің маңызды түрі-есептер жүйесін байыту, аумағын кеңейту, қажетті есептерді таңдап, іріктеп ала білу.

Есептер жүйесін байыту екі бағытта жүзеге асырылады:

- есептер жүйесіне қосымша есептер енгізу арқылы;
- бар есептердің мазмұнын сабақтың тиімділігін неғұрлым арттыра түсуге бағыттап өзгерту.

Математикалық анализ курсының элементтерін кәсіби бағдарда оқытуда студенттердің есеп шығару дағдысын шындау үшін жалпы білім беретін мектептерде «Алгебра және анализ бастамалары» курсынан функцияның анықталмаған интегралын табудың үш ережесімен интегралдарды есептеудің шығарылу үлгілерін ұсынуға болады [4,5].

Есеп 3. Интегралды есепте: $\int \frac{dx}{\sin^2 x \cos^2 x}$.

Шешуі: Берілген интегралды функцияның анықталмаған интегралын табудың бірінші ережесін пайдаланамыз. Бірақ кестені тікелей пайдалану мүмкін болмағандықтан, интеграл белгісінің астындағы функцияға негізгі тригонометриялық формулаларды пайдаланып, элементар түрлендіру жасаймыз:

$$\int \frac{dx}{\sin^2 x \cos^2 x} = \left|\cos^2 x + \sin^2 x = 1\right| = \int \frac{\cos^2 x + \sin^2 x}{\sin^2 x \cos^2 x} dx =$$

$$= \int \frac{dx}{\cos^2 x} + \int \frac{dx}{\sin^2 x} = tgx - ctgx + C.$$

Бұл есепті шығарудың алгоритмі төмендегі түрде келтіруге болады:

1.Интеграл белгісінің астындағы функцияға негізгі тригонометриялық формулаларды пайдаланып, элементар түрлендіру жасау;

2.Пайда болған интегралды 1-ережені пайдаланып табу.

Жауабы: $tgx - ctgx + C.$

Есеп 4. Интегралды есепте: $\int e^{2x+1} dx.$

Шешуі: Интегралды үш тәсілмен табамыз:

Тәсіл 1. Функцияның анықталмаған интегралын табудың үшінші ережесін қолданып, табамыз:

$$\int e^{2x+1}dx=\frac{1}{2}\int e^{2x+1}dx=\frac{1}{2}e^{2x+1}+C.$$

Тәсіл 2. Дифференциалдың түрлендіруін және интегралдың кестесін пайдаланып, табамыз:

$$\int e^{2x+1}dx=\frac{1}{2}\int e^{2x+1}d(2x+1)=\frac{1}{2}e^{2x+1}+C.$$

Тәсіл 3. $\int f(x)dx=\int f[\varphi(t)]\varphi'(t)dt,\ x=\varphi(t)$

айнымалыны ауыстыру формуласын қолданамыз. Жаңа айнымалы енгіземіз:

$$2x+1=t,\ 2x=t-1,\ x=\frac{t-1}{2},\ dx=\frac{1}{2}dt.$$

$$\int e^{2x+1}dx=\frac{1}{2}\int e^{t}dt=\frac{1}{2}e^{t}+C=\frac{1}{2}e^{2x+1}+C.$$

Жауабы: $\frac{1}{2}e^{2x+1}+C.$

Математикалық анализ курсының элементтерін кәсіби бағдарда оқыту үдерісінде оқытушы мен студенттің іс-әрекеттерінің ішкі байланысы, сабақтастығы, үндестігі оқыту мақсатына жетуге оң ықпал етеді.

Студенттердің «Математиканы оқыту әдістемесі» курсында есептер шығару арқылы білік пен дағдыны қалыптастыруға дайындау үдерісі үздіксіз болуы керек. Студенттердің «Математиканы оқыту әдістемесі» курсынан алған барлық білімі, білік және дағдысы мектепте педагогикалық практика кезінде тексерілуі шарт.

Қорыта келгенде, болашақ математика мұғалімдерінің әдістемелік дайындығын жетілдірудің маңызды элементтерінің бірі ретінде практикалық сабақтарда есеп шығару арқылы математикалық анализ элементтерін оқытуға көп назар аударып, олардың шығармашылық қабілетін дамытуға, формализмге жол бермеуге үйрету деп есептейміз.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1 Типтік оқу бағдарлама. Бакалавриат. Алматы, ҚазҰПУ, 2016.

2 Әбілқасымова А.Е. Математиканы оқытудың теориясы мен әдістемесі: дидактикалық - әдістемелік негіздері. Алматы: Мектеп, 2014. - 224 б.

3 Цукарь А.Я. О типологии задач. Современные проблемы. МПМ. Сб. статей. - 304 с.

4 Демидович В.П. Сборник задач и упражнений по курсу математическому анализу. М. Наука, 1980. - 416 с.

5 Берман Г.Н. Сборник задач по курсу математического анализа. М. Наука, 1980. 416 с.

УДК 519.958
ГРНТИ 27.35.21, 27.35.25, 27.35.63

Ж.Д. Байшемиров[1], Н. Адиль[2], Д. Бердышева[3]

[1]доктор PhD, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Институт информационных и вычислительных технологий, г.Алматы, Казахстан
[2]PhD докторант., Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Институт информационных и вычислительных технологий, г.Алматы, Казахстан
[3] магистр,Институт информационных и вычислительных технологий, г.Алматы, Казахстан

ОБ УСРЕДНЕННОЙ МОДЕЛИ НЕРАВНОВЕСНОЙ ОДНОФАЗНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ НЕСЖИМАЕМЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Аннотация

Основной вопрос данного исследования, который связан с многомасштабными средами, следующий. Как известно, что в постановке математической модели в двухмасштабной среде с контрастными свойствами возникает эффект памяти на макроуровне. Допустим, что мы имеем среду с многими масштабами, и контраст в свойствах сохраняется на каждом масштабе. Значить, что осреднение можно провести пошагово: сначала усреднить самую

мелкую неоднородность, затем следующую покрупнее, и т.д. Тогда после осреднения на самом мелком масштабе возникнет память, после чего на следующем масштабе усреднять уже надо уравнения с памятью. то будем результатом такого осреднения – предсказать невозможно. Тем более непонятно, что будет возникать на более крупным масштабах. Для ответа на это вопрос, достаточно рассмотреть среду с тремя масштабами, которая хорошо иллюстрирует возникающие явления накопления памяти.

Ключевые слова. Математическая модель, однофазная фильтрация, усредненная модель, несжимаемые жидкости, память, масштаб.

Аңдатпа

Ж.Д. Байшемиров[1], Н. Адиль[2], Д. Бердышева[3]

СЫҒЫЛМАЙТЫН СҰЙЫҚТЫҚТАРДЫҢ ТЕПЕ-ТЕҢДІКСІЗ БІР ФАЗАЛЫ СҮЗГІЛЕУДІҢ ОРТАЛАНДЫРЫЛҒАН МОДЕЛІ ТУРАЛЫ

[1]PhD доктор, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Ақпараттық және есептеу технологиялар институты, Алматы қ., Қазақстан
[2] PhD докторант, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Ақпараттық және есептеу технологиялар институты, Алматы қ., Қазақстан
[3] магистр, Ақпараттық және есептеу технологиялар институты, Алматы қ., Қазақстан

Мақалада көптеген зерттеулерде келтірілген көпмасштабты орталардың негізгі мәселелерінің бірі қарастырылған. Контрастын қасиеттері бар екі фазалы ортада макро деңгейде жады әсері болатынын математикалық модельдердің қойылымынан белгілі. Контрастын қасиеттері барлық масштабтарда сақталатын көпмасштабты орталарды қарастырайық. Орталандырудан кейін жад аз көлемде пайда болады, одан кейін келесі масштабе орташа мәнді теңдестіру қажет. Мұндай орталандырудың нәтижесі қандай болатынын болжау қиынға түседі. Сонымен қатар, неғұрлым көпмасштабта пайда болатыны анық емес. Бұл сұраққа жауап беру үшін жад жинақтаудың жаңа құбылыстарын жақсы бейнелейтін үш масштабты ортаны қарастыру жеткілікті.

Түйін сөздер. Математикалық модель, бір фазалық сүзгілеу, ортаталандырылған модель, сығылмайтын сұйықтықтар, жады, масштаб.

Abstract

ABOUT THE AVERAGE MODEL OF NON-EQUILIBRIUM SINGLE-PHASE FILTERATION OF INCOMPRESSIBLE FLOWS

Zh.D. Baishemirov[1],N. Adil[2], D. Berdysheva[3]
[1]PhD, Abai University,Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan
[2]PhD student, Abai University, Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan
[3] master, Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan

The main question of this study, which is associated with multiscale media, is the following. As is known, in the formulation of a mathematical model in a two-scale environment with contrasting properties, a memory effect occurs at the macro level. Suppose that we have an environment with many scales, and the contrast in properties is maintained at each scale. It means that averaging can be carried out step by step: first, to average the smallest heterogeneity, then the next larger one, and so on. Then, after averaging, memory will appear on the smallest scale, after which the equations with memory should be averaged on the next scale. What will be the result of such averaging is impossible to predict. Moreover, it is not clear what will arise on a larger scale. To answer this question, it suffices to consider a three-scale environment that illustrates well the emerging phenomena of memory accumulation.

Keywords. Mathematical model, single-phase flow, averaged model, incompressible flows, memory, scale.

Пусть среда состоит из связной системы крупных трещин Ω^3 и плотных блоков $\tilde{\Omega}^2$, как показано на рисунке 1.

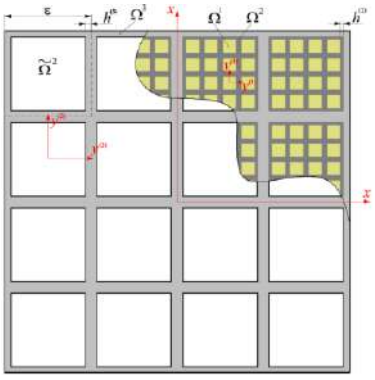


Рисунок 1. Геометрия трехмасштабной среды

Размер ячейки неоднородности - ε. Каждый блок $\widetilde{\Omega}^2$ состоит в свою очередь из мелких трещин Ω^2 и мелких блоков Ω^1. Размер ячейки неоднородности этого мелкого уровня - ε^2.

Контрастность свойств среды на каждом масштабе заключается в следующем. Отношение Проницаемость прогрессивно растет с мелкого масштаба Ω^1 к высшему Ω^3. Отношение проницаемостей мелких трещин среды Ω^2 к крупным трещинам среды Ω^3 равно ε^2 [1-3]. А отношение проницаемостей мелких блоков Ω^1 к мелким трещинам Ω^2 равно $\varepsilon^{2+\alpha}$, где $\alpha > 0$. В этом заключается контрастность свойств среды на каждом масштабе.

Трещины тонкие, то есть их поперечная толщина мала по сравнению с размером периода неоднородности: $h^{(3)} << \varepsilon,\ \ h^{(2)} << \varepsilon.$. Эти толщины неподобны и выбираются так, чтобы вклад каждой компоненты среды в макроскопическую модель проявился уже в высшем приближении. Можно показать, что этому соответствуют следующие размеры:

$h^{(3)} << \varepsilon^{1+\alpha/2},\ h^{(2)} << \varepsilon^{2+\alpha/2}.$

1 Уравнения течения на микроуровне

Уравнения фильтрации в трех подобластях имеют вид:

$$b^{(1)}\frac{\partial p}{\partial t} = \omega\varepsilon^{2+\alpha}\nabla\cdot\left(a^{(1)}\nabla p\right),\quad x\in\Omega^1$$

$$b^{(2)}\frac{\partial p}{\partial t} = \omega\nabla\cdot\left(a^{(2)}\nabla p\right),\quad x\in\Omega^2 \qquad (1)$$

$$b^{(3)}\frac{\partial p}{\partial t} = \nabla\cdot\left(a^{(3)}\nabla p\right),\quad x\in\Omega^3,\ \ \alpha>0.$$

С условиями непрерывности потока и давления на границах подобластей:

$$p|_{\Gamma_+^{n+1,n}} = p|_{\Gamma_-^{n+1,n}},\quad n=1,2$$

$$a^{(3)}\frac{\partial p}{\partial v}\Big|_{\Gamma_+^{3,2n}} = \omega a^{(2)}\frac{\partial p}{\partial v}\Big|_{\Gamma_-^{3,2}},\qquad a^{(2)}\frac{\partial p}{\partial v}\Big|_{\Gamma_+^{2,1}} = \varepsilon^{2+\alpha}a^{(1)}\frac{\partial p}{\partial v}\Big|_{\Gamma_-^{2,1}}.$$

Задается начальное давление и условия Неймана на границе всех области.

Наряду с макроскопической системой координат $x^{(3)} = \left\{x_1^{(3)}, x_2^{(3)}x_3^{(3)}\right\}$, используются также две локальные системы на среднем и мелком уровне: $y^{(2)} = \dfrac{x}{\varepsilon},\ \ y^{(1)} = \dfrac{x}{\varepsilon^2}.$

2 Осреднение на первом шаге

Осреднение делается пошагово с мелкого уровня на более высокий. Сначала усредняется система мелких трещин Ω^2 и мелких блоков Ω^1, что приводит к усредненным блокам $\widetilde{\Omega}^2$. После этого усредняется система $\widetilde{\Omega}^2$ и Ω^3, что приводит к окончательной макроскопической модели.

При этом в каждом мелком блоке возмущенным оказывается только пограничный слой вблизи его границ размером $\varepsilon^{\alpha/2}$. В этом принципиальное отличие от моделей с не тонкими трещинами. В самом деле, любое течение в такой системе начинается по связной системе толстых трещин, потом по тонким трещинам, и только после этого в мелких блоках [4-6]. Поскольку толщина мелких трещин намного меньше размера мелкого блока, возмущение за конечное время передается в блок на малое расстояние. То есть возмущенным оказывается только погранслой. Это приводит к математическим упрощениям, поскольку течение в погранслое практически одномерно. Именно появление погранслоя в блоках позволяет получить эффективные результаты по процессу накопления памяти.

Усредненные уравнения после первого шага имеют вид:

$$\hat{B}^{(3)}\frac{\partial P^{(2)}}{\partial t} = div\left(\hat{A}^{(2)}gradP^{(2)}\right) - \gamma\lambda\hat{B}^{(1)}\int_0^t \frac{1}{\sqrt{t-\tau}}\frac{\partial P^{(2)}}{\partial\tau}d\tau,$$

$$P^{(1)} = P^{(2)} - \gamma\lambda\hat{B}^{(1)}\int_0^t \frac{\partial P^{(2)}}{\partial\tau}K(t-\tau)d\tau,\qquad K(t)\equiv 1-2\varepsilon^{\alpha/2}\lambda\sqrt{t}, \qquad (2)$$

где $P^{(1)}$ и $P^{(2)}$ - средние давления в мелких блоках и мелких трещинах соответственно. Эти уравнения похожи на модель двойной пористости, однако ядро интегрального оператора определяется иначе. Это вызвано тем, что в модели двойной пористости трещины не тонкие, что позволяет возмущению охватить весь блок полностью, а не только погранслой.

3 Полностью осредненная модель

На втором этапе осреднению подлежит система интегро-дифференциальных уравнений (2). Осредненная модель после второго шага, то есть полная макроскопическая модель процесса имеет вид:

$$\begin{cases} P_b = P_f - \dfrac{\hat{B}^{(2)}}{\hat{A}^{(2)}} \dfrac{\partial P_f}{\partial t} * K^{(2)}, \\ \hat{B}^{(3)} \dfrac{\partial P_f}{\partial t} = \left(\hat{A}^{(3)} \nabla P_f \right) - \hat{B}^{(2)} \dfrac{\partial P_b}{\partial t} * L^{(2)}, \end{cases} \tag{3}$$

где P_b - среднее давление в усредненном крупном блоке $\tilde{\Omega}^2$, а P_f - среднее давление в крупных трещинах. Обозначение $f * g \equiv \int_0^t f(\tau) g(t-\tau) d\tau$ означает интеграл-свертку. Два ядра $K^{(2)}$ и $L^{(2)}$ определены $K^{(2)}(t) = K(t) - \gamma\lambda \dfrac{\hat{B}^{(1)}}{\hat{B}^{(2)}} K * \dfrac{1}{\sqrt{t}}$, $L^{(2)}(t) = \delta(t) + \gamma\lambda \dfrac{\hat{B}^{(1)}}{\hat{B}^{(2)}} \dfrac{1}{\sqrt{t}}$,

Ядро $K^{(2)}$ было рассчитано по вышеприведенным формулам, и его график приведен на рисунке 2.

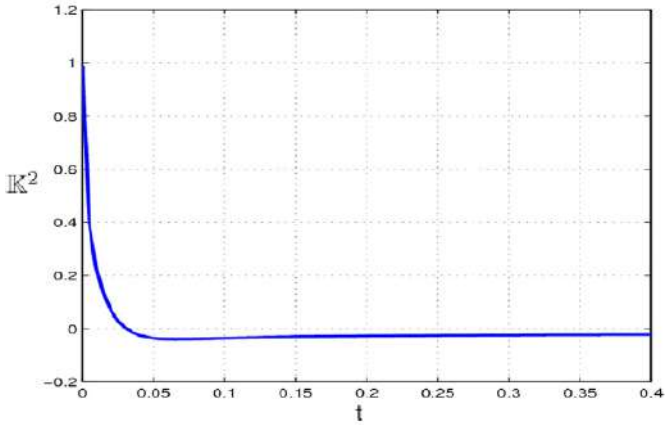


Рисунок 2. Ядро интегрального оператора в осредненной модели

4 Эффект накопления памяти

В ходе процедуры усреднения доказывается, что ядро $K^{(2)}$ интегрального оператора в (3) является усредненной функцией Грина G другого интегро-диффренциального оператора заданного на единичном крупном блоке $\tilde{\Omega}^2$ в терминах локальных растянутых переменных $y^{(2)}$ введенных ранее.

$$\frac{\partial G}{\partial t} - \frac{\hat{A}^{(2)}}{\hat{B}^{(2)}} \nabla_2^2 G + \gamma\lambda \frac{\hat{B}^{(1)}}{\hat{B}^{(2)}} \int_0^t \frac{\partial G}{\partial \tau} \frac{1}{\sqrt{t-\theta}} d\tau = 0,$$

$$G\left(x^{(2)}, \xi, t \right)\Big|_{t=0} = \delta\left(x^{(2)} - \xi \right), \quad G\left(x^{(2)}, \xi, t \right)\Big|_{x^{(2)}, \xi \in \Gamma^{3,2}} = 0.$$

Таким образом, ответ на основной концептульный вопрос, к чему приводит многомасштабное осреднение системы, в которой на каждом шаге возникает память, получен: это приводит во-первых, к изменению типа уравнений и появлению в них интегро-дифференциальных операторов, а во-вторых, к процессу накопления памяти, так что ядра этих операторов являются решением других интегро-дифференциальных уравнений на уровне ячеечных задач. Иначе говоря, память появляется не только на макроуровне, но и в ячеечной задаче. Это принципиальное отличие от среды с двойной

пористостью, в которой память возникает только на макроуровне, тогда как ячеечная задача памяти не содержит.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта КН МОН РК №AP05132680.

Список использованной литературы

1 *Barenblatt G.I., Zheltov Iu.P., Kochina I.N. Basic concept in the theory of seepage of homogeneous liquids in fissured rocks // J. Appl. Math. Mech.–1960.–Vol.24, №5.–P.1286–1303.*

2 *Hassanizadeh S.M., Gray W.G. Toward an improved description of the physics of two-phase flow // Adv. Water Res.-1993.-№16.-P.53–67.*

3 *Panfilov M., Rasoulzadeh M. Appearance of the nonlinearity from the nonlocality in diffusion through multiscale fractured-porous media // Computational Geosciences. -2013. -Vol.17, №2. -P.269 - 286.*

4 *Panfilov M., Panfilova I. Phenomenological meniscus model for two-phase flows in porous media // Transport in porous media. - 2005.-Vol. 58. -P.87-119.*

5 *Panfilov M. Homogenized model with capillary nonequilibrium for two-phase flow through highly heterogeneous porous media // Comptes Rendus Mecanique. – 1996. –Vol 322, No3. –P.195.*

6 *Panfilov M. Macroscale models of flow through highly heterogeneous porous media. – Dordrecht: Springer, 2000. – 366 p.*

УДК 519.958
ГРНТИ 27.35.21, 27.35.25, 27.35.63

Ж.Д. Байшемиров[1], А.Б. Жанбырбаев[2], Д.Д. Баймурзаев[3]

[1]доктор PhD, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Институт информационных и вычислительных технологий, г.Алматы, Казахстан
[2] к.ф.-м.н., Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Институт информационных и вычислительных технологий, г.Алматы, Казахстан
[3] магистр, Военно-инженерный институт радиоэлектроники и связи, Институт информационных и вычислительных технологий, г.Алматы, Казахстан

ОБ УСРЕДНЕННОЙ МОДЕЛИ НЕРАВНОВЕСНОЙ ДВУХФАЗНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ НЕСЖИМАЕМЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Аннотация

В данной работе построение усредненной модели равновесной двухфазной фильтрации несжимаемых жидкостей в двухмасштабных средах с двойной пористостью. Рассматривается ограниченная, связная область с периодической микроструктурой, с характерным масштабом ε. В рамках данной исследовании рассматривается семейство задач, зависящих от малого параметра, описывающего размер микроструктуры среды, и исследуется ее асимптотическая сходимость к некоторому слабому пределу, который интерпретируется как усредненная модель процесса. Среды со слабым контрастом не представляют большого интереса, так как результат осреднения в них тривиален для механики. Такие среды с умеренным контрастом, в которых нелинейность и нелокальность можно разнести на разные уровни асимптотического разложения. В результате разработана усредненная модель с сохранением памяти.

Ключевые слова. Математическая модель, двухфазная фильтрация, усредненная модель, несжимаемые жидкости, закон Дарси, капиллярное давление.

Аңдатпа

Ж.Д. Байшемиров[1], А.Б. Жанбырбаев[2], Д.Д. Баймурзаев[3]

СЫҒЫЛМАЙТЫН СҰЙЫҚТЫҚТАРДЫҢ ТЕПЕ-ТЕҢДІКСІЗ ЕКІ ФАЗАЛЫ СҮЗГІЛЕУДІҢ ОРТАЛАНДЫРЫЛҒАН МОДЕЛІ ТУРАЛЫ

[1]PhD доктор, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Ақпараттық және есептеу технологиялар институты, Алматы қ., Қазақстан
[2] ф.-м.ғ.к., Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Ақпараттық және есептеу технологиялар институты, Алматы қ., Қазақстан
[3] магистр, Радиоэлектроника және байланыс әскери-инженерлік институты, Ақпараттық және есептеу технологиялар институты, Алматы қ., Қазақстан

Мақалада қос кеуектілігі бар, екі кеңістіктегі сығылмайтын сұйықтықтардың екі фазалы сүзгілеуінің орташаланған моделі құрылысы қарастырылған. Аталған үрдіс шектелген және периодты микроқұрылыммен

байланысқан ε сипаттамалық ауқымы бар аймақта алынған. Қарастырылып отырған зерттеуде ортаның микроқұрылымының мөлшерін сипаттайтын, шағын параметрге тәуелді мәселелер қарастырылып, процестің орталандырылған моделі ретінде түсіндірілетін, оның белгілі бір әлсіз шегіне асимптотикалық конвергенциясы зерттелінген. Механикада нашар контрастты орталар орташалануы тривиальды болғандықтан аса қызығушылық тудырмайды. Қалыпты контрастты орталарда сызықты емес және локалды емес жағдайлардың асимптоталық кеңеюдің әртүрлі деңгейлеріне қарастыруға болады. Нәтижесінде жадтың сақталуымен орталандырылған модельді құрылды.

Түйін сөздер. Математикалық модель, екі фазалық сүзгілеу, ортаталандырылған модель, сығылмайтын сұйықтықтар, Дарси заңы, капиллярлық қысым.

Abstract

ABOUT THE AVERAGE MODEL OF NON-EQUILIBRIUM TWO-PHASE FILTERATION OF INCOMPRESSIBLE FLOWS

Zh.D. Baishemirov[1], A.B. Zhanbyrbayev[2], Zh.Zh. Baimurzayev[3]

[1]PhD, Abai University, Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan

[2] Cand.Sci.(Phys and Math.), Abai, Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan

[3] master, Military Engineering Institute of Radio Electronics and Communications, Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan

This article discussed about the development of averaged model of equilibrium two-phase filtration of incompressible flows in two-scale medium with double porosity. A bounded, coherent region with a periodic microstructure with a characteristic scale is considered. In this study, we consider a complex of problems depending on a small parameter that describes the size of the microstructure of the medium, and studies its asymptotic convergence to a certain weak limit, which is interpreted as an average model of the process. Medium with weak contrast are not of great interest, since the result of averaging them is trivial for mechanics. Such media with moderate contrast, in which nonlinearity and nonlocality can be separated into different levels of asymptotic expansion. As a result, averaged model with memory preservation was developed.

Keywords. Mathematical model, two-phase flow, averaged model, incompressible flows, Darcy low, capillary pressure.

Мы рассматриваем область, где $\Omega \subset \Re^d \ \ (d = 2,3)$ ограниченная и связная с периодической микроструктурой, с характерным масштабом ε, который является отношением периода неоднородности к длине всей области. Уравнение сохранение массы для двухфазного несмешивающегося течения формулируется классическим способом [1-3], а сохранение импульса имеет вид закона Дарси в Ω_T и условие локального капиллярного равновесия:

$$\begin{cases} \phi\left(\dfrac{x}{\varepsilon}\right)\dfrac{\partial s}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{V}_w = 0, \qquad -\phi\left(\dfrac{x}{\varepsilon}\right)\dfrac{\partial s}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{V}_o = 0, \\ \mathbf{V}_i = -K\left(\dfrac{x}{\varepsilon}\right)\lambda_i\left(s, \dfrac{x}{\varepsilon}\right)\left(\nabla p_i - \rho_i \mathbf{e}_g\right), \qquad \lambda_i\left(s, \dfrac{x}{\varepsilon}\right) \equiv \dfrac{k_i\left(s, \dfrac{x}{\varepsilon}\right)}{\mu_i}, \qquad i = w, o \end{cases} \tag{1}$$

и

$$p_o - p_w = p_c\left(s, \frac{x}{\varepsilon}\right),$$

где p_i - давление фазы $i = w,o$; $s \equiv s_w$ - водонасыщенность; $s_o = 1 - s$ - нефтенасыщенность; $\mathbf{V}_i$ - скорость Дарси; μ_i - динамическая вязкость; $\mathbf{e}_g$ - единичный вектор гравитационного поля; $k_w(s,x)$ и $k_o(s,x)$- относительные проницаемости фазы; $p_c(s,x)$ микроскопическое капиллярное давление; $\varphi(x)$ - пористость среды; $K(x)$ - тензор абсолютной проницаемости.

Заданное значение насыщенности, начальное условие:

$$s^F(x,0) = S_0^F(x) \text{ в } \Omega^F, \quad s^M(x,0) = S_0^M(x) \text{ в } \Omega^M. \tag{2}$$

Мы построили осредненную модель задачи (1)-(2), которая является ее пределом при $\varepsilon \to 0$ [4]. Т.е. макроскопическая модель получена методом двухмасштабных асимптотических разложений, которая формулируется в терминах макроскопических переменных:

$S^M(x,y,t)$, $P_w^M(x,y,t)$, $P_o^M(x,y,t)$, $P_c^M(x,y,t)$ и

$S^F(x,t)$, $P_w^F(x,t)$, $P_o^F(x,t)$, $P_c^F(x,t)$,

которые являются двухмасштабными пределами микроскопических функций:

$$s^F = S^F(x,t)+\varepsilon...,$$

$$s^M = S^M(x,t)+\varepsilon...,$$

$$p_w^F = P_w^F(x,t)+\varepsilon...,$$

$$p_w^M = P_w^M(x,t)+\varepsilon...,$$

$$p_o^F = P_o^F(x,t)+\varepsilon...,$$

$$p_o^M = P_o^M(x,t)+\varepsilon....$$

Осредненная модель для (1)–(2) в Ω имеет вид:

$$\begin{cases} \hat{\phi}^F \dfrac{\partial S^F}{\partial t} - \nabla\cdot\left(\mathrm{K}\lambda_w^F\left(S^{FI}\right)\left(\nabla P_w^F - \rho_w \mathbf{e}_g\right)\right) = -\hat{\phi}^M \partial_t \left\langle S^M \right\rangle_M; \\ -\hat{\phi}^F \dfrac{\partial S^F}{\partial t} - div\left(\mathrm{K}\lambda_o^F\left(S^F\right)\left(\nabla P_o^F - \rho_o \mathbf{e}_g\right)\right) = \hat{\phi}^M \partial_t \left\langle S^M \right\rangle_M; \\ P_c^F\left(S^F\right) = P_o^F - P_w^F. \end{cases} \tag{3}$$

в $Y^M \times \Omega$.

$$\begin{cases} \phi^M \partial_t S^M - \nabla_y\left(\mathrm{K}^M \lambda_w^M\left(S^M\right)\nabla_y P_w^M\right) = 0; \\ -\phi^M \dfrac{\partial S^M}{\partial t} - \nabla_y\left(\mathrm{K}^M \lambda_o^M\left(S^M\right)\nabla_y P_o^M\right) = 0; \\ P_c^M\left(S^M\right) = P_o^M - P_w^M, \end{cases} \tag{4}$$

с условиями непрерывности давления на границе Γ:

Здесь,

$$\left\langle u\right\rangle_l \overset{def}{=} \frac{1}{\left|Y^l\right|}\int_{Y^l} u(y)dy, \quad l = M, F \tag{5}$$

средние пористости и эффективный тензор проницаемости определяются следующим образом:

$$\hat{\phi}^M = \phi^M \left|Y^M\right|,$$

$$\hat{\phi}^F = \phi^F \left|Y^F\right|,$$

$$K_{ij} = \int_{Y^F} K^F\left[\nabla_y \xi_i + \vec{e}_i\right]\left[\nabla_y \xi_j + \vec{e}_j\right]dy, \tag{6}$$

для $i, j = 1,...,d$ где ξ_j является решением второй ячеечной задачи в Γ:

$$\begin{cases} -\Delta_{yy}\xi_j = 0 \quad в \quad Y^{II}; \\ \Delta_y \xi_j \cdot \mathbf{n} = -\mathbf{e}_j \cdot \mathbf{n} \quad на \quad \Gamma; \\ \xi_j(y) \quad y - периодична, \end{cases} \tag{7}$$

с $\mathbf{e}_j$ - орты, а $\mathbf{n}$ - вектор внешней нормали к Γ.

Полученная осредненная модель позволяет получить следующее фундаментальное неравновесное соотношение для капиллярного давления

$$\frac{1}{\delta}\left\langle P_c^M\left(S^M\right)\right\rangle_I - P_c^F\left(S^F\right) = -\left\langle \phi^M \zeta \phi \partial_t S^M \right\rangle_M, \tag{8}$$

где функция ζ является решением следующей ячеечной задачи:

$$\begin{cases} \nabla_y\left(\dfrac{K^M \lambda_o^M\left(S^M\right)\lambda_w^M\left(S^M\right)}{\lambda^I\left(S^I\right)}\right) = 1, \ \ в \ \ Y^M; \\ \zeta = 0, \ \ на \ \ \Gamma \end{cases} \tag{9}$$

В силу принципа максимума коэффициенты дифференциального уравнения в (9) являются положительно определенными, что обеспечивает правильность этих задач.

Чтобы явно продемонстрировать возникновение эффекты памяти рассмотрим когда коэффициенты задачи (4) слабо переменны, так что задача может быть линеаризована. Мы также линеаризуем граничное условие, положив

$$S^M\left(S^F\right) = aS^F(x,t) + b.$$

Введя новую функцию $U = S^M - S^F$, мы легко получаем аналогичное дифференциальное уравнение для U как в (4) но с правой стороны $f(x,t) \equiv -\partial_t S^M = -a\partial_t S^F$ и однородные граничные и начальные условия. Решение такой задачи представляет собой свертку функции Грина G диффузионного оператора с функцией $f : U = \int_0^t G(t-\tau) f(\tau) d\tau$.

Рассмотрим для случай $\omega \sim \varepsilon^{3/2}$. Функции можно разложит в асимптотические ряды по $\varepsilon^{1/2}$:

$$\begin{aligned} &\mathrm{S}^{\mathrm{M}}(x,y,t) = S_o^M(x,t) + \varepsilon^{1/2}\mathrm{S}_1^{\mathrm{M}}(x,y,t) + \varepsilon + ..., \\ &\mathrm{S}^{\mathrm{F}}(x,y,t) = S_o^F(x,t) + \varepsilon^{1/2}\mathrm{S}_1^{\mathrm{F}}(x,y,t) + \varepsilon + ..., \\ &\zeta(x,y,t) = \zeta_o(x,y,t) + \varepsilon^{1/2} .... \end{aligned} \tag{10}$$

Тот факт, что член нулевого порядка $S_o^M(x,t)$ не зависит от быстрой переменной y, оправдывается слабой неравновесностью и, следовательно, достаточно быстрой стабилизацией поля насыщенности в блоках. Тот факт, что член $S_o^F(x,t)$ не зависит от y, связан с тем, что флуктуации вокруг среднего значения в трещинах малы. В работе [5] такая структура асимптотических разложений была аналитически доказана. Тогда соотношение (8) дает следующее разложение:

$$\left\langle \mathrm{P_c^M}\left(\mathrm{S_0^M}(x,t) + \sqrt{\varepsilon}\mathrm{S_1^M}(x,y,t)\right)\right\rangle_M = \mathrm{P_c^F}\left(\mathrm{S_0^F} + \sqrt{\varepsilon}\mathrm{S_1^F}(x,y,t)\right) - \sqrt{\varepsilon}\left\langle \phi^{\mathrm{M}}\zeta_0 \right\rangle_M \frac{\partial \mathrm{S_0^M}(x,t)}{\partial \mathrm{t}} + \mathrm{O}(\varepsilon) \tag{11}$$

Введем средние насыщенности на блоках и трещинах:

$$\hat{\mathrm{S}}^{\mathrm{M}} = \mathrm{S_0^M}(x,t) + \sqrt{\varepsilon}\left\langle \mathrm{S_1^M}(x,y,t)\right\rangle_M,$$

$$\hat{\mathrm{S}}^{\mathrm{F}} = \hat{\mathrm{S}}_0^{\mathrm{F}}(x,t) + \sqrt{\varepsilon}\mathrm{S_1^F}(x,t).$$

Тогда, для первого слагаемого в (12), получим:

$$\left\langle \mathrm{P_c^M}\left(\mathrm{S_0^M}(x,t) + \sqrt{\varepsilon}\mathrm{S_1^M}(x,y,t)\right)\right\rangle_M = \left\langle \mathrm{P_c^M}\left(\hat{\mathrm{S}}^{\mathrm{M}}(x,t) + \sqrt{\varepsilon}\left(\mathrm{S_1^M}(x,y,t) - \left\langle \mathrm{S_1^M}(x,y,t)\right\rangle_M\right)\right)\right\rangle_M$$

$$= \left\langle \mathrm{P_c^M}\left(\hat{\mathrm{S}}_0^{\mathrm{M}}(x,t) + \sqrt{\varepsilon}\left(\mathrm{S_1^M}(x,y,t) - \left\langle \mathrm{S_1^M}(x,y,t)\right\rangle_M\right)\right)\right\rangle_M =$$

$$= \mathrm{P_c^M}\left(\hat{\mathrm{S}}_0^{\mathrm{M}}(x,t)\right) + \sqrt{\varepsilon}\left(\left\langle \mathrm{S_1^M}(x,y,t)\right\rangle - \left\langle \mathrm{S_1^M}(x,y,t)\right\rangle_M\right) = \mathrm{P_c^M}\left(\hat{\mathrm{S}}_0^{\mathrm{M}}(x,t)\right).$$

Значить (11) дает:

$$\mathrm{P_c^M}\left(\hat{\mathrm{S}}^{\mathrm{M}}\right) - \mathrm{P_c^F}\left(\hat{\mathrm{S}}^{\mathrm{F}}\right) = -\sqrt{\varepsilon}\left\langle \phi^{\mathrm{M}}\zeta_0 \right\rangle_M \frac{\partial \hat{\mathrm{S}}^{\mathrm{M}}}{\partial \mathrm{t}} + \mathrm{O}(\varepsilon).$$

Таким образом, слабая неравновесность, соответствующая достаточно умеренным нестационарным эффектам внутри блоков, приводит к появлению короткой памяти в усредненной системе.

В результате получим систему, которая представляет собой замкнутую полностью осредненную модель:

$$\begin{cases} \hat{\phi}\dfrac{\partial \hat{S}^F}{\partial t} - \nabla\cdot\left(\mathrm{K}^F \lambda_w^F\left(\hat{S}^F\right)\left(\nabla P_w^F - \rho_w \mathbf{e}_g\right)\right) = -\phi^M \dfrac{\partial \hat{S}^M}{\partial t}; \\ -\hat{\phi}\dfrac{\partial \hat{S}^F}{\partial t} - \nabla\cdot\left(\mathrm{K}^F \lambda_o^F\left(\hat{S}^F\right)\left(\nabla P_o^F - \rho_o \mathbf{e}_g\right)\right) = \phi^M \dfrac{\partial \hat{S}^M}{\partial t}; \\ P_c^F\left(\hat{S}^F\right) = P_o^F - P_w^F. \end{cases}$$

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта КН МОН РК №AP05132680.

Список использованной литературы

1 Barenblatt G.I., Zheltov Iu.P., Kochina I.N. Basic concept in the theory of seepage of homogeneous liquids in fissured rocks // J. Appl. Math. Mech.–1960.–Vol.24, №5.–P.1286–1303.

2 Hassanizadeh S.M., Gray W.G. Toward an improved description of the physics of two-phase flow // Adv. Water Res.-1993.-№16.-P.53–67.

3 Panfilov M., Rasoulzadeh M. Appearance of the nonlinearity from the nonlocality in diffusion through multiscale fractured-porous media // Computational Geosciences. -2013. -Vol.17, №2. -P.269 - 286.

4 Yeh L.M. Hölder continuity for two-phase flows in porous media // Math. Methods Appl. Sci. – 2006.-Vol.29, Issue 11. –P.1261-1289.

5 Винниченко А.П. К теории нестационарной фильтрации несмешивающихся жидкостей в пористой среде // Изв. АН СССР. МЖГ.- 1978.-№3.-С.57-59.

ГРНТИ 27.31.17
УДК 517.956

П.Б. Бейсебай[1], Г.Х. Мухамедиев[2]

[1] к.ф.-м.н., доцент, Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина, г.Астана, Казахстан
[2] к.ф.-м.н., доцент, Восточно-Казахстанский государственный университет имени С. Аманжолова, г.Усть-Каменогорск, Казахстан

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ НАХОЖДЕНИЯ ЧАСТНОГО РЕШЕНИЯ ЛИНЕЙНОГО НЕОДНОРОДНОГО УРАВНЕНИЯ С ПОСТОЯННЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ ПРОИЗВОЛЬНОГО ПОРЯДКА

Аннотация

Работа посвящена к вопросу об изложении темы «Построение частного решения неоднородного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами произвольного порядка». В ней отдельно рассмотрены случаи, когда правая часть уравнения является многочленом, произведением многочлена и экспоненциальной функции, произведением экспоненциальной функции и линейной комбинации косинуса и синуса с переменными коэффициентами-многочленами. При этом, во всех трех случаях соответствующие им частные решения неоднородного уравнения построены по общей методике. Предлагаемая методика отличается от традиционнго изложения данной темы тем, что в ней схема нахождения частного решения неоднородного линейного уравнения с постоянными коэффициентами строится на основе свойств дифференциальной формы, соответствующей левой части уравнения и разложения характеристического многочлена уравнения на множители первой степени и второй степени с отрицательными дискриминантами с использованием частных решений уравнений, соответствующих множителям разложения характеристического многочлена, не прибегая, при этом, к элементам комплексного анализа.

Ключевые слова: дифференциальная форма, частное решение, характеристический многочлен, неоднородное уравнение.

Аңдатпа

П.Б. Бейсебай [1], Ғ.Х. Мұхамедиев[2]

ТҰРАҚТЫ КОЭФФИЦИЕНТТІ ЕРІКТІ РЕТТІ СЫЗЫҚТЫҚ БІРТЕКСІЗ ТЕҢДЕУЛЕРДІҢ ДЕРБЕС ШЕШІМІН ТАБУДЫҢ БІР ӘДІСІ

[1]ф.-м.ғ.к, доцент, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., Қазақстан
[2] ф.-м.ғ.к, доцент, С. Аманжолов атындағы Шығыс-Қазақстан мемлекеттік университеті, Өскемен қ., Қазақстан

Ұсынылып отырған жұмыс «Кез келген ретті тұрақты коэффициентті біртекті емес сызықтық теңдеудің дербес шешімін құру» тақырыбын баяндау сұрағына арналған. Жұмыста теңдеудің оң жағы көпмүшелік, көпмүшелік пен экспоненциалдық функцияның көбейтіндісі және экспоненциалдық функция мен синус пен косинустың көпмүшелік түріндегі айнымалы коэффициентті сызықтық комбинациясының көбейтіндісі болатын жағдайлар жеке - жеке қарастырылған. Бұл ретте, барлық үш жағдай да біртексіз теңдеудің дербес шешімі ортақ әдіспен құрылады. Ұсынылып отырған әдістеменің дәстүрлі әдістемеден ерекшелігі, мұнда, тұрақты коэффициентті біртекті емес сызықтық теңдеудің дербес шешімін тұрғызудың схемасының теңдеудің сол жағына сәйкес дифференциалдық форманың қасиеттері мен теңдеудің сипаттамалық көпмүшелігінің бірінші дәрежелі және дискриминанттары теріс екінші дережелі көбейткіштерге жіктелуі негізінде, сипаттамалық көпмүшеліктің жіктелуіндегі көбейткіштерге сәйкес дифференциалдық теңдеулердің шешімін қолдану арқылы, комплекстік анализдің элементтеріне жүгінбей ақ, құрылуында.

Түйін сөздер: дифференциалдық форма, дербес шешім, сипаттамалық көпмүшелік біртектіз теңдеу.

Abstract

ONE METHOD OF FINDING A PARTICULAR SOLUTION INHOMOGENEOUS LINEAR EQUATIONSWITH CONSTANT COEFFICIENTS RANDOM ORDER

Beisebay P.B.[1], Mukhamediev G.H.[2]
[1] Cand. Sci. (Phys.-Math), Associate Professor, S.Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, Kazakhstan
[2] Cand. Sci. (Phys.-Math), Associate Professor, C. Amanzholov East Kazakhstan State University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

The work is devoted to the question of the presentation of the topic «Construction of a particular solution of an inhomogeneous differential equation with constant coefficients of arbitrary order». In it cases are separately considered, when the right-hand side of the equation is a polynomial,the product of a polynomial and an exponential function,the product of an exponential function ulinear combination of cosine and sinewith variable polynomial coefficients. In this case, in all three cases the corresponding particular solutions of the inhomogeneous equation are constructed by the general method. The proposed methodology differs from the traditional presentation of this topic, that in it the scheme for finding the particular solution of an inhomogeneous linear equation with constant coefficients is constructed on the basis of the properties of the differential form, corresponding to the left side of the equation and decomposing the characteristic polynomial of the equation into multipliers of the first degree and the second degree with negative discriminants using partial solutions of the equations, corresponding to the factors of the decomposition of the characteristic polynomial, without, however, resorting to the elements of complex analysis.

Key words: differential form, partial solution, characteristic polynomial, inhomogeneous equation.

В работе [1] была приведена одна методика построения фундаментальной системы решений однородного дифференциального уравнения с постоянным коэффициентом произвольного порядка, опираясь на свойства дифференциальной формы, соответствующей левой части уравнения и выводам работы [2] - [3], не прибегая при этом к теории комплексного анализа.

Данная работа является продолжением этой методики до неоднородного дифференциального уравнения с постоянным коэффициентом произвольного порядка.

Рассматривается линейное неоднородное дифференциальное уравнение с постоянным коэффициентом произвольного порядка

$$y^{(n)} + p_{n-1}y^{(n-1)} + ... + p_1 y' + p_0 y = f(x). \quad (1)$$

Выражение в правой части уравнении (1) назовем дифференциальной формой n-го порядка и обозначим символом $L_n(y)$:

$$L_n(y) \equiv y^{(n)} + p_{n-1}y^{(n-1)} + ... + p_1 y' + p_0 y. \quad (2)$$

Многочлен

$$k^n + p_{n-1}k^{n-1} + ... + p_1 k + p_0,$$

соответствующий дифференциальной форме (2), называется характеристическим многочленом и обозначается символом $P_{L_n}(k)$:

$$P_{L_n}(k) = k^n + p_{n-1}k^{n-1} + \ldots + p_1 k + p_0 \qquad (3)$$

Естественно, каждой дифференциальной форме вида (2) соответствует единственный многочлен вида (3) и каждому многочлену вида (3) соответствует единственная дифференциальная форма вида (2).

Дифференциальную форму, соответствующую многочлену $P(k)$ обозначим в виде $L_{P(k)}(y)$.

Если для характеристического многочлена (3) дифференциального уравнения (1) имеет место разложение

$$P_{L_n}(k) = Q_s(k) \cdot G_l(k),$$

где $Q_s(k) = k^s + a_{s-1}k^{s-1} + \ldots + a_1 k + a_0$, $G_s(k) = k^s + b_{s-1}k^{s-1} + \ldots + b_1 k + b_0$ - многочлены степени s и l соответственно $(s + l = n)$, то дифференциальная форма (2) представима в виде суперпозиции дифференциальных форм $L_{Q_s}(y)$ и $L_{G_s}(y)$, то есть в виде

$$L_n(y) = L_{Q_s}\left(L_{G_l}(y)\right).$$

Известно, что характеристический многочлен $P_{L_n}(k)$ можно представить в виде

$$P_{L_n}(k) = (k-k_1)^{m_1}(k-k_2)^{m_2} \cdot \ldots \cdot (k-k_\nu)^{m_\nu}\left(k^2 + \rho_1 k + q_1\right)^{l_1}\left(k^2 + \rho_2 k + q_2\right)^{l_2} \cdot \ldots \cdot \left(k^2 + \rho_\mu k + q_\mu\right)^{l_\mu} \qquad (4)$$

где m_ν, l_μ -неотрицательные целые числа,

$$m_1 + m_2 + \ldots + m_\nu + 2\left(l_1 + l_2 + \ldots + l_\mu\right) = n, \quad D_j = \rho_j^2 - 4q_j < 0,$$

то есть квадратный трехчлен $k^2 + p_j k + q_j$ имеет отрицательный дискриминант при любом $j = 0,1,2,\ldots,\mu$ (данным фактом студенты ознакомлены по теме «Интегрирование рациональных дробей»). Откуда следует, что дифференциальная форма (2) представима в виде суперпозиции дифференциальных форм $L_{1,i}^{m_i}(y)$ и $L_{2,j}^{l_j}(y)$, $i = 0,1,2,\ldots,\nu$, $j = 0,1,2,\ldots,\mu$, где $L_{1,i}(y) = \bar{y}' - k_i \bar{y}$, $L_{2,j}(y) = \bar{y}'' + \rho_j \bar{y}' + q_j \bar{y}$, $L_n^\gamma(y) = \underbrace{L_n(L_n \ldots L_n(y))}_{\gamma \text{ раз}}$.

Ограничимся рассматриванием следующих трех случаев относительно правой части уравнения (1):

$f(x) = P_m(x)$ - многочлен степени m;

$f(x) = P_m(x)e^{\alpha x}$, $\alpha \neq 0$;

$f(x) = e^{\alpha x}\left(P_m(x)\cos\beta x + Q_l(x)\sin\beta x\right)$,

где α, β - заданные постоянные, $\beta \neq 0$, $P_m(x), Q_l(x)$ - заданные многочлены степени m и l, соответственно, $m, l = 0, 1, 2, \ldots$.

Случай 1. $f(x) = P_m(x) = a_0 x^m + a_1 x^{m-1} + \ldots + a_{m-1}x + a_m$, где $a_0, a_1, \ldots, a_m$ известные коэффициенты, $a_0 \neq 0$.

В этом случае уравнение (1) записывается в виде

$$L_n(y) = P_m(x). \qquad (5)$$

Так как производная многочлена является, в общем, многочленом, то дифференциальная форма $L_n^{\gamma}(y)$, функции вида

$$y = M(x),$$

где $M(x)$ - многочлен от x, так же является многочленом при любых $n, \gamma = 1,2,\ldots$.

Это дает основание на то, что частное решение $\bar{y}$ уравнении (5) можно искать в виде многочлена, то есть в виде

$$\bar{y} = M_{\theta}(x) = A_0 x^{\theta} + A_1 x^{\theta-1} + \ldots + A_{\theta-1} x + A_{\theta}. \quad (6)$$

Так как каждый многочлен определяется своими степенью и коэффициентами, то нахождение частного решения $\bar{y}$ сводится к определению степени θ и коэффициентов $A_0, A_1, \ldots, A_{\theta}$.

Как было отмечено выше, дифференциальная форма $L_n(\bar{y})$ является многочленом.

Для того чтобы функция $\bar{y}$ была решением уравнении (5) необходимо, чтобы дифференциальная форма $L_n(\bar{y})$ была многочленом степени m.

Каковой должна быть степень θ многочлена $M_{\theta}(x)$ для того, чтобы $L_n(\bar{y})$ удовлетворяла этому условию?

Для выяснения этого сравним степень многочлена $L_n(\bar{y})$ со степенью многочлена $M_{\theta}(x)$ из представлении (6) решении $\bar{y}$.

Сравнение проведем посредством сравнений степени многочлена $M_{\theta}(x)$ со степенями дифференциальных форм (то есть многочленов) $L_{1,i}^{m_i}(\bar{y})$ и $L_{2,j}^{l_j}(\bar{y})$, соответствующих сомножителям $(k-k_i)^{m_i}$ и $(k^2+\rho_j k+q_j)^{l_j}$ в разложении (4) характеристического многочлена $P_{L_n}(k)$, где $L_{1,i}(\bar{y}) = \bar{y}' - k_i \bar{y}$, $L_{2,j}(\bar{y}) = \bar{y}'' + \rho_j \bar{y}' + q_j \bar{y}$.

Дифференциальная форма $L_{1,i}(\bar{y})$ представима в виде

$$L_{1,i}(\bar{y}) = M'_{\theta}(x) - k_i M_{\theta}(x). \quad (7)$$

Так как степень многочлена не меньше степени его производной, то в случае $k_i \neq 0$, то есть когда в правой части равенства (7) содержится $M_{\theta}(x)$, степень многочлена $L_{1,i}(\bar{y})$ будет равна степени многочлена $M_{\theta}(x)$, в противном случае, то есть, когда $k_i = 0$, степень многочлена $L_{1,i}(\bar{y})$ не превосходит степени многочлена $M'_{\theta}(x)$, то есть числа $\theta - 1$.

Отсюда, как следствие имеем, что дифференциальная форма $L_{1,l}^{m_i}(\bar{y})$ будет многочленом степени θ, если $k_i \neq 0$ и будет многочленом степени $\theta - m_i$, если $k_i = 0$.

Теперь сравним степени многочленов $L_{2,j}(\bar{y}) = \bar{y}'' + \rho_j \bar{y}' + q_j \bar{y}$ и $\bar{y} = M_{\theta}(x)$.

Так как $q_j \neq 0$ (это неравенство следует из неравенства $D = p_j^2 - 4q_j < 0$), то степень дифференциальной формы $L_{2,j}(\bar{y}) = M_{\theta}''(x) + \rho_j M_{\theta}'(x) + q_j M_{\theta}(x)$ равна степени многочлена $M_{\theta}(x)$.

Отсюда, как следствие, имеем, что степень дифференциальной формы $L_{2,j}^{l_j}(\bar{y})$ равна степени θ функции $\bar{y} = M_{\theta}(x)$, при любом j=1, 2 , ...,μ.

Так как дифференциальная форма $L_n(\overline{y})$ представима в виде суперпозиции дифференциальных форм $L_{1,i}^{m_i}(\overline{y})$ и $L_{2,j}^{l_j}(\overline{y})$, то на основании вышеизложенного придем к следующему сравнению степени θ многочлена $M_\theta(x)$ из представлении (6) решении $\overline{y}$ со степенью многочлена дифференциальной формы $L_n(\overline{y})$:

– если $k_i \neq 0$ при любом $i = 1,2,\ldots,\nu$, то степень $L_n(\overline{y})$ будет многочленом со степенью равной степени $\overline{y}$;

– если сушествует номер *i*, при котором $k_i = 0$, то степень $L_n(\overline{y})$ будет многочленом со степенью меньшей степени $\overline{y}$ на m_i единиц.

Эти сравнения приведут к следующим выводам о степени многочлена $M_\theta(x)$ в представлении (6) решении $\overline{y}$:

1. если $k_i \neq 0$ при любом $i = 1,2,\ldots,\nu$, то многочлена $M_\theta(x)$ достаточно искать во множестве многочленов степенями не выше чем *m*, то есть полагать

$$\overline{y} = A_0 x^m + A_1 x^{m-1} + \ldots + A_{m-1} x + A_m.$$

2. если существует *i* при котором $k_i = 0$ (то есть, если в разложении (4) характеристического многочлена $P_{L_n}(k)$ имеется сомножитель вида k^{m_i}), то многочлена $M_\theta(x)$ достаточно искать во множестве многочленов степенями не выше чем $m + m_i$, то есть полагать

$$\overline{y} = A_0 x^{m+m_i} + A_1 x^{m+m_i-1} + \ldots + A_{m+m_i-1} x + A_{m+m_i}.$$

При этом коэффициенты переменных со степенями меньше m_i могут быть произвольными, так как в дифференциальной форме $L_{1,j}^{m_i}(\overline{y})$, следовательно и в $L_n(\overline{y})$ соответствующие им члены обращаются в нуль. Полагая, для удобства, эти коэффициенты нулями имеем

$$\overline{y} = x^{m_i}\left(A_0 x^m + A_1 x^{m-1} + \ldots + A_{m-1} x + A_m\right).$$

Резюмируя вышеизложенное, приходим к следующей схеме определения вида частного решения неоднородного линейного уравнения с постоянными коэффициентами (5).

Схема 1:

$L_n(y) \equiv y^{(n)} + p_{n-1} y^{(n-1)} + \ldots + p_1 y' + p_0 y = a_0 x^m + a_1 x^{m-1} + \ldots + a_{m-1} x + a_m$ - неоднородное уравнение, $a_0 \neq 0$;

$P_{L_n}(k) = k^n + p_{n-1} k^{n-1} + \ldots + p_1 k + p_0$ - характеристический многочлен;

$P_{L_n}(k) = (k-k_1)^{m_1}(k-k_2)^{m_2} \cdot \ldots \cdot (k-k_\nu)^{m_\nu}\left(k^2 + \rho_1 k + q_1\right)^{l_1}\left(k^2 + \rho_2 k + q_2\right)^{l_2} \cdot \ldots \cdot \left(k^2 + \rho_\mu k + q_\mu\right)^{l_\mu}$ - разложение характеристического многочлена на простые множители;

$D_j = \rho_j^2 - 4q_j < 0$ для любого $j = 1,2,\ldots,\mu$;

$m_1 + m_2 + \ldots + m_\nu + 2\left(l_1 + l_2 + \ldots + l_\mu\right) = n;$

$M_m(x) = A_0 x^m + A_1 x^{m-1} + \ldots + A_1 x + A_m;$

$A_0, A_1, \ldots, A_m$ - неизвестные коэффициенты.

№	Случай относительно k_i	Вид частного решения $\overline{y}$ неоднородного

		уравнения
1	$k_i \neq 0$ при любом $i = 1,2,\ldots,\nu$	$\bar{y} = M_m(x)$
2	Сушествует номер *i* такой, что $k_i = 0$ (то есть в разложении характеристического много-члена имеется множитель вида k^{m_i})	$\bar{y} = x^{m_i} M_m(x)$

Неизвестные коэффициенты $A_0, A_1, \ldots, A_m$ находятся по методу неопределенных коэффициентов.

Случай 2. $f(x) = P_m(x)e^{\alpha x}$, $\alpha \neq 0$.

В этом случае уравнение (1) записывается в виде

$$L_n(y) = P_m(x)e^{\alpha x}. \quad (8)$$

В силу того, что дифференциальная форма $L_n^{\gamma}(y)$ функции вида

$$y = M(x)e^{\alpha x},$$

где $M(x)$ - многочлен от x, так же является функцией такого же вида при любых $n, \gamma = 1,2,\ldots$, частное решение $\bar{y}$ уравнении (5) будем искать в виде

$$\bar{y} = M_\theta(x)e^{\alpha x} = \left(A_0 x^\theta + A_1 x^{\theta-1} + \ldots + A_{\theta-1}x + A_\theta\right)e^{\alpha x}. \quad (9)$$

Так как α – известное число, то нахождение частного решения $\bar{y}$ сводится к определению степени θ и коэффициентов $A_0, A_1, \ldots, A_\theta$ многочлена $M_\theta(x)$.

Дифференциальная форма $L_n(\bar{y})$ представляется в виде

$$L_n(\bar{y}) = M_t(x)e^{\alpha x}. \quad (10)$$

где $M_t(x)$ – многочлен степени *t*.

Для того чтобы функция $\bar{y}$ была решением уравнении (8) необходимо, чтобы степени многочленов $M_t(x)$ и $P_m(x)$ были одинаковыми, то есть имело место равенство $t = m$.

Каковой должна быть степень θ многочлена $M_\theta(x)$ для того, чтобы могло иметь место равенство $t = m$?

Для выяснения этого сравним степень многочлена $M_\theta(x)$ из представлении (9) решении $\bar{y}$ со степенью многочлена $M_t(x)$ из представлении (10) дифференциальной формы $L_n(\bar{y})$.

Сравнение проведем посредством сравнений степени многочлена $M_\theta(x)$ со степенями многочленов $M_{\theta_i}(x)$ и $M_{\theta_j}(x)$ из представлений дифференциальных форм

$$L_{1,i}^{m_i}(\bar{y}) = M_{\theta_i}(x)e^{\alpha x} \text{ и } L_{2,j}^{l_j}(\bar{y}) = M_{\theta_j}(x)e^{\alpha x},$$

соответствующих сомножителям $(k - k_i)^{m_i}$ и $(k^2 + \rho_j k + q_j)^{l_i}$ в разложении (4) характеристического многочлена $P_{L_n}(k)$, где

$$L_{1,i}(\bar{y}) = \bar{y}' - k_i \bar{y}, \quad L_{2,j}(\bar{y}) = \bar{y}'' - \rho_j \bar{y}' + q_j \bar{y}.$$

Дифференциальная форма $L_{1,i}(\bar{y})$ представима в виде

$$L_{1,i}(\bar{y}) = M'_\theta(x) + (\alpha - k_i)M_\theta(x)e^{\alpha x}.$$

Из данного равенства следует, что в случае $k_i \neq \alpha$, то есть когда в правой части равенства содержится $M_\theta(x)$, степень многочлена $M'_\theta(x) + (\alpha - k_i)M_\theta(x)$ в представлении $L_{1,i}(\bar{y})$ будет

равна степени многочлена $M_\theta(x)$, в противном случае, то есть, когда $k_i = \alpha$, не превосходит степени многочлена $M'_\theta(x)$, то есть числа $\theta - 1$.

Отсюда, для степени θ_i многочлена $M_{\theta_i}(x)$ в представлении

$L_{1,i}^{m_i}(\bar{y}) = M_{\theta_i}(x)e^{\alpha x}$

имеем, как следствие:

$\theta_i = \theta$, если $k_i \neq \alpha$;

$\theta_i \leq \theta - m_i$, если $k_i = \alpha$.

Теперь сравним степени дифференциальной формы $L_{2,j}^{l_j}(\bar{y}) = M_{\theta_j}(x)e^{\alpha x}$ и функции $\bar{y} = M_\theta(x)$.

Дифференциальная форма $L_{2,j}(\bar{y})$ представима в виде

$L_{2,j}(\bar{y}) = \left(M''_\theta(x) + (2\alpha + p_j)M'_\theta(x) + (\alpha^2 + p_j\alpha + q_j)M_\theta(x)\right)e^{\alpha x}$

и в силу неравенства $\alpha^2 + p_j\alpha + q_j \neq 0$ (это неравенство следует из неравенства $D = p_j^2 - 4q_j < 0$) степень многочлена $M''_\theta(x) + (2\alpha + p_j)M'_\theta(x) + (\alpha^2 + p_j\alpha + q_j)M_\theta(x)$ будет равна степени многочлена $M_\theta(x)$.

Отсюда, как следствие, имеем, чтостепень θ_j многочлена $M_{\theta_j}(x)$ в представлений дифференциальной формы $L_{2,j}^{l_j}(\bar{y}) = M_{\theta_j}(x)e^{\alpha x}$ равна степени θ функции $\bar{y} = M_\theta(x)$, то есть $\theta_j = \theta$ при любом $j = 1, 2, \ldots, \mu$.

Так как дифференциальная форма $L_n(\bar{y})$ представима в виде суперпозиции дифференциальных форм $L_{1,i}^{m_i}(\bar{y}) = M_{\theta_i}(x)e^{\alpha x}$ и $L_{2,j}^{l_j}(\bar{y}) = M_{\theta_j}(x)e^{\alpha x}$, то на основании вышеизложенного придем к следующему сравнению степени θ многочлена $M_\theta(x)$ из представлении (9) решении $\bar{y}$ со степенью *t* многочлена $M_t(x)$ из представлении (10) дифференциальной формы $L_n(\bar{y})$:

$t = \theta$, если $k_i \neq \alpha$ при любом $i = 1,2,\ldots,\nu$;

$t \leq \theta - m_i$, если сушествует i при котором $k_i = \alpha$.

Эти сравнения приведут к следующим выводам о степени многочлена $M_\theta(x)$ в представлении (9) решении $\bar{y}$:

1. если $k_i \neq \alpha$ при любом $i = 1, 2, \ldots, \nu$, то многочлена $M_\theta(x)$ в представлении (9) решении $\bar{y}$ достаточно искать во множестве многочленов степенями не выше чем m, то есть полагать

$\bar{y} = \left(A_0x^m + A_1x^{m-1} + \ldots + A_{m-1}x + A_m\right)e^{\alpha x}$;

2. если существует *i* при котором $k_i = \alpha$, то многочлена $M_\theta(x)$ достаточно искать во множестве многочленов степенями не выше чем $m + m_i$, то есть полагать

$\bar{y} = \left(A_0x^{m+m_i} + A_1x^{m+m_i-1} + \ldots + A_{m+m_i-1}x + A_{m+m_i}\right)e^{\alpha x}$.

При этом коэффициенты многочлена при переменных со степенями не выше m_i могут быть произвольными, так как в дифференциальной форме $L_{1,j}^{m_i}(\bar{y})$, следовательно и в $L_n(\bar{y})$

соответствующие им члены обращаются в нуль. Полагая, для удобства, эти коэффициенты нулями имеем

$$\bar{y} = x^{m_i}\left(A_0 x^m + A_1 x^{m-1} + \ldots + A_{m-1}x + A_m\right)e^{\alpha x}.$$

Резюмируя вышеизложенное, приходим к следующей схеме определения вида частного решения неоднородного линейного уравнения с постоянными коэффициентами (8).

Схема 2:

$L_n(y) \equiv y^{(n)} + p_{n-1}y^{(n-1)} + \ldots + p_1 y' + p_0 y = (a_0 x^m + a_1 x^{m-1} + \ldots + a_{m-1}x + a_m)e^{\alpha x}$ - неоднородное уравнение, $a_0 \neq 0$;

$P_{L_n}(k) = k^n + p_{n-1}k^{n-1} + \ldots + p_1 k + p_0$ - характеристический многочлен;

$P_{L_n}(k) = (k-k_1)^{m_1}(k-k_2)^{m_2}\cdot\ldots\cdot(k-k_\nu)^{m_\nu}\left(k^2+\rho_1 k+q_1\right)^{l_1}\left(k^2+\rho_2 k+q_2\right)^{l_2}\cdot\ldots\cdot\left(k^2+\rho_\mu k+q_\mu\right)^{l_\mu}$ - разложение характеристического многочлена на простые множители;

$D_j = \rho_j^2 - 4q_j < 0$ для любого $j = 1,2,\ldots,\mu$;

$m_1 + m_2 + \ldots + m_\nu + 2(l_1 + l_2 + \ldots + l_\mu) = n;$

$M_m(x) = A_0 x^m + A_1 x^{m-1} + \ldots + A_1 x + A_0;$

$A_0, A_1, \ldots, A_m$ - неизвестные коэффициенты.

№	Случай относительно k_i	Вид частного решения $\bar{y}$ неоднородного уравнения
1	$k_i \neq \alpha$ при любом $i = 1,2,\ldots,\nu$	$\bar{y} = M_m(x)e^{\alpha x}$
2	Сушествует номер *i* такой, что $k_i = \alpha$	$\bar{y} = x^{m_i}M_m(x)$

Неизвестные коэффициенты $A_0, A_1, \ldots, A_m$ находятся по методу неопределенных коэффициентов.

Случай 3. $f(x) = e^{\alpha x}\left(P_m(x)\cos\beta x + Q_l(x)\sin\beta x\right)$, где α, β - заданные постоянные, $\beta \neq 0$, $P_m(x)$, $Q_l(x)$ - заданные многочлены степени m и l, соответственно, m, l =0, 1, 2, ...

В этом случае уравнение (1) записывается в виде

$$L_n(y) = e^{\alpha x}\left(P_m(x)\cos\beta x + Q_l(x)\sin\beta x\right), \tag{11}$$

Дифференциальная форма $L_n^{\gamma}(y)$ функции вида

$$y = e^{\alpha x}\left(M(x)\cos\beta x + N(x)\sin\beta x\right),$$

где $M(x)$ и $N(x)$ - многочлены от x, является функцией такого же вида при любых $n, \gamma = 1,2,\ldots$.

Это дает основание на то, что частное решение $\bar{y}$ уравнении (11) можно искать в виде

$$\bar{y} = e^{\alpha x}\left(M_\theta(x)\cos\beta x + N_\eta(x)\sin\beta x\right), \tag{12}$$

где $M_\theta(x)$ и $N_\eta(x)$ - многочлены степени θ и η, соответственно.

Так как α и β известные постоянные, то нахождение частного решения $\bar{y}$ сводится к нахождению многочленов $M_\theta(x)$ и $N_\eta(x)$, то есть к определению степеней θ, η и коэффициентов $M_\theta(x)$ и $N_\eta(x)$.

Как было отмечено выше, дифференциальная форма $L_n(\bar{y})$ представляется в виде

$$L_n(\bar{y}) = e^{\alpha x}\left(M_t(x)\cos\beta x + N_\tau(x)\sin\beta x\right), \tag{13}$$

при этом, для того чтобы функция $\bar{y}$ была решением уравнении (12), необходимо, чтобы степени t и τ многочленов $M_t(x)$ и $N_\tau(x)$ должны быть равными степеням *m* и *l* многочленов $P_m(x)$ и $Q_l(x)$, соответственно.

Каковыми должны быть θ и η для того, чтобы могло иметь место равенства $t=m$ и $\tau=l$?

Для выяснения этого сравним степени многочленов $M_\theta(x)$ и $N_\eta(x)$ из представлении (12) решении $\bar{y}$ со степенями $M_t(x)$ и $N_\tau(x)$ из представлении (13) дифференциальной формы $L_n(\bar{y})$.

Эти сравнения проведем посредством сравнений степеней многочленов $M_\theta(x)$ и $N_\eta(x)$ со степенями многочленов $M_{\theta_i}(x), N_{\eta_i}(x)$ и $M_{\theta_j}(x), N_{\eta_j}(x)$ из представлений

$$L_{1,j}^{m_i}(\bar{y}) = e^{\alpha x}\left(M_{\theta_i}(x)\cos\beta x + N_{\eta_i}(x)\sin\beta x\right)$$

и

$$L_{2,j}^{lj}(\bar{y}) = e^{\alpha x}\left(M_{\theta_j}(x)\cos\beta x + N_{\eta_j}(x)\sin\beta x\right),$$

соответствующих сомножителям $(k-k_i)^{m_i}$ и $\left(k^2+\rho_j k+q_j\right)^{l_i}$ в разложении (4) характеристического многочлена $P_{L_n}(k)$, где $L_{1,i}(\bar{y}) = \bar{y}' - k_i\bar{y}$, $L_{2,j}(\bar{y}) = \bar{y}'' + \rho_j\bar{y}' + q_j\bar{y}$.

Дифференциальная форма $L_{1,i}(\bar{y}) = \bar{y}' - k_i\bar{y}$ представима в виде

$$L_{1,i} = e^{\alpha x}\left(R(x)\cos\beta x + G(x)\sin\beta x\right),$$

где

$$S(x) = (\alpha - k_i)M_\theta(x) + \beta N_\eta(x) + M_\theta'(x),$$
$$G(x) = (\alpha - k_i)N_\eta(x) - \beta M_\theta(x) + N_\theta'(x).$$

Так как степень многочлена не меньше степени его производной, то из данного представления, в силу условия $\beta\neq 0$, следует, что степени многочленов $S(x)$ и $G(x)$ не больше наибольшего из степеней многочленов $M_\theta(x)$ и $N_\eta(x)$, то есть не больше числа $\max\{\theta,\eta\}$.

Тогда, как следствие, имеем, чтостепени θ_i и η_i многочленов $M_{\theta_i}(x)$ и $N_{\eta_i}(x)$ в представлении

$$L_{1,j}^{m_i}(\bar{y}) = e^{\alpha x}\left(M_{\theta_i}(x)\cos\beta x + N_{\eta_i}(x)\sin\beta x\right)$$

будут не больше числа $\max\{\theta,\eta\}$, то есть $\theta_i, \eta_i \le \max\{\theta,\eta\}$.

Теперь рассмотрим дифференциальную форму $L_{2,j}(\bar{y}) = \bar{y}'' + \rho_j\bar{y}' + q_j\bar{y}$.

Она представима в виде

$$L_{2,j}(\bar{y}) = e^{\alpha x}\left(B(x)\cos\beta x + T(x)\sin\beta x\right),$$

где

$$B(x) = M_\theta'' + (2\alpha+\rho_j)M_\theta' + (\alpha^2+\rho_j\alpha+q_j-\beta^2)M_\theta + 2\beta N_\eta' + (2\alpha+\rho_j)\beta N_\eta, \quad (14)$$

$$T(x) = N_\eta'' + (2\alpha+\rho_j)N_\eta' + (\alpha^2+\rho_j\alpha+q_j-\beta^2)N_\eta - 2\beta M_\theta' - (2\alpha+\rho_j)\beta M_\theta. \quad (15)$$

Так как $\beta\neq 0$ и степень многочлена не меньше степени его производной, то в случае $2\alpha+\rho_j\neq 0$ или $\alpha^2+\rho_j\alpha+q_j-\beta^2\neq 0$, то есть когда в правой части каждого из равенств (14) и (15) содержится $M_\theta(x)$ или $N_\eta(x)$, степени многочленов *B*(*x*) и *T*(*x*) не превосходят наибольшего из степеней многочленов $M_\theta(x)$ и $N_\eta(x)$, то есть не больше числа $\max\{\theta,\eta\}$, в противном случае, то есть, когда $2\alpha+\rho_j=0$ и $\alpha^2+\rho_j\alpha+q_j-\beta^2=0$, степени многочленов

$S(x)$ и $T(x)$ не превосходят наибольшего из степеней многочленов $M_\theta'(x)$ и $N_\eta'(x)$, то есть числа $\max\{\theta,\eta\}-1$.

Отсюда, для степеней θ_j,η_j многочленов $M_{\theta_j}(x), N_{\eta_j}(x)$ в представлении

$L_{2,j}^{l_j}(\bar{y}) = e^{\alpha x}\left(M_{\theta_j}(x)\cos\beta x + N_{\eta_j}(x)\sin\beta x\right)$

как следствие, имеем:

$\theta_j,\eta_j \le \max\{\theta,\eta\}$, если $2\alpha+\rho_j\neq 0$ или $\alpha^2+\rho_j\alpha+q_j-\beta^2\neq 0$, то есть, если $\alpha\neq-\frac{\rho_j}{2}$ или $\beta^2\neq\frac{4q_j-\rho_j^2}{4}=-\frac{D_j}{4}$;

$\theta_j,\eta_j \le \max\{\theta,\eta\}-l_j$, если $\alpha=-\frac{\rho_j}{2}$ и $\beta^2=-\frac{D_j}{4}$.

Так как дифференциальная форма $L_n(\bar{y})$ представима в виде суперпозиции дифференциальных форм

$L_{1,i}^{m_i}(\bar{y}) = \bar{y}' - k_i\bar{y},\ i=1,2,\ldots,\nu$

и

$L_{2,j}^{l_j}(\bar{y}) = \bar{y}'' + p_j\bar{y}' + q_j\bar{y},\ j=1,2,\ldots,\mu,$

то на основании вышеизложенного придем к следующему сравнению степеней $M_\theta(x)$ и $N_\eta(x)$ из представлении (12) решении $\bar{y}$ со степенями $M_t(x)$ и $N_\tau(x)$ из представлении (13) дифференциальной формы $L_n(\bar{y})$:

если $\alpha\neq-\frac{\rho_j}{2}$ или $\beta^2\neq-\frac{D_j}{4}$ для любого $j=1,2,\ldots,\mu$, то

$t,\tau\le\max\{\theta,\eta\}$;

если существует j при котором $\alpha=-\frac{\rho_j}{2}$ и $\beta^2=-\frac{D_j}{4}$, то $t,\tau\le\max\{\theta,\eta\}-l_j$.

Эти сравнения приведут к следующим выводам о степени многочленов $M_\theta(x)$ и $N_\eta(x)$ в представлении (12) решении $\bar{y}$:

1. если $\alpha\neq-\frac{\rho_j}{2}$ или $\beta^2\neq-\frac{D_j}{4}$ для любого $j=1,2,\ldots,\mu$, то многочленов $M_\theta(x)$ и $N_\eta(x)$ в представлении (12) решении $\bar{y}$ достаточно искать во множестве многочленов со степенями не выше чем $\omega=\max\{m,l\}$, то есть полагать $\theta=\eta=\omega=\max\{m,l\}$:

$M_\theta(x)=M_\omega(x)=A_0x^\omega+A_1x^{\omega-1}+\ldots+A_{\omega-1}x+A_\omega;$

$N_\eta(x)=N_\omega(x)=B_0x^\omega+B_1x^{\omega-1}+\ldots+B_{\omega-1}x+B_\omega.$

2. если существует j при котором $\alpha=-\frac{\rho_j}{2}$ и $\beta^2=-\frac{D_j}{4}$, то многочленов $M_\theta(x)$ и $N_\eta(x)$ достаточно искать во множестве многочленов со степенями не выше чем $\omega+l_j$, то есть полагать $\theta=\eta=\omega+l_j$. При этом коэффициенты членов этих многочленов со степенями меньше l_j могут быть произвольными, так как они не содержатся в дифференциальной форме $L_{2,j}^{l_j}(\bar{y})$ (они обращаются в нуль). Полагая, для удобства, эти коэффициенты нулем, имеем

$$M_{\theta}(x)=M_{\omega+l_j}(x)=x^{l_j}\left(A_0x^{\omega}+A_1x^{\omega-1}+\ldots+A_{\omega-1}x+A_{\omega}\right),$$

$$N_{\eta}(x)=N_{\omega+l_j}(x)=x^{l_j}\left(B_0x^{\omega}+B_1x^{\omega-1}+\ldots+B_{\omega-1}x+B_{\omega}\right).$$

Резюмируя вышеизложенное, приходим к следующей схеме определения вида частного решения неоднородного линейного уравнения с постоянными коэффициентами (12):

Схема 3:

$L_n(y)\equiv y^{(n)}+p_{n-1}y^{(n-1)}+\ldots+p_1y'+p_0y=e^{\alpha x}\left(P_m(x)\cos\beta x+Q_l(x)\sin\beta x\right)$- неоднородное уравнение;

$P_m(x)=a_0x^m+a_1x^{m-1}+\ldots+a_{m-1}x+a_m;$

$Q_l(x)=b_0x^l+b_1x^{l-1}+\ldots+b_{l-1}x+b_l;$

$m,l=0,1,2,\ldots,\ \beta\neq 0,\ a_0\neq 0, b_0\neq 0;$

$P_{L_n}(k)=k^n+p_{n-1}k^{n-1}+\ldots.+p_1k+p_0$ - характеристический многочлен;

$P_{L_n}(k)=(k-k_1)^{m_1}(k-k_2)^{m_2}\cdot\ldots\cdot(k-k_{\nu})^{m_{\nu}}\left(k^2+\rho_1k+q_1\right)^{l_1}\left(k^2+\rho_2k+q_2\right)^{l_2}\cdot\ldots\cdot\left(k^2+\rho_{\mu}k+q_{\mu}\right)^{l_{\mu}}$ - разложение характеристического многочлена на простые множители;

$D_j=\rho_j^2-4q_j<0$ для любого $j=1,2,\ldots,\mu;$

$m_1+m_2+\ldots+m_{\nu}+2\left(l_1+l_2+\ldots+l_{\mu}\right)=n;$

$\omega=\max\{m,l\};$

$M_{\omega}(x)=A_0x^{\omega}+A_1x^{\omega-1}+\ldots+A_{\omega-1}x+A_{\omega};$

$A_0,A_1,\ldots,A_{\omega},\quad B_0,B_1,\ldots,B_{\omega}$ - неизвестные коэффициенты.

№	Случай относительно ρ_j,q_j,α,β	Вид частного решения $\overline{y}$ неоднородного уравнения
1	$\alpha\neq-\frac{\rho_j}{2}$ или $\beta^2\neq-\frac{D_j}{4}$ для любого $j=1,2,\ldots,\mu$	$\overline{y}=e^{\alpha x}\left(M_{\omega}(x)\cos\beta x+N_{\omega}(x)\sin\beta x\right)$
2	Существует номер j такой что $\alpha=-\frac{\rho_j}{2}$ и $\beta^2=-\frac{D_j}{4}$	$\overline{y}=e^{\alpha x}x^{l_j}\left(M_{\omega}(x)\cos\beta x+N_{\omega}(x)\sin\beta x\right)$

Неизвестные коэффициенты $A_0,A_1,\ldots,A_{\omega},\quad B_0,B_1,\ldots,B_{\omega}$ находятся методом неопределенных коэффициентов.

Список использованной литературы

1 Бейсебай П.Б., Мухамедиев Г.Х. О построении фундаментальной системы решений линейного однородного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами произвольного порядка // Вестник Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева Серия «Физико-математические науки». - 2017. - №3 (59).-С. 40-46.

2 Бейсебай П.Б., Мухамедиев Г.Х. О построении решений линейно дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами и их систем // Вестник Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева Серия «Физико-математические науки». - 2015. - №1 (107).-С. 378-385.

3 Бейсебай П.Б., Мухамедиев Г.Х. О построении фундаментальной системы решений линейного однородного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами произвольного порядка // Вестник Казахского национального педагогического университета имени Абая. Серия «Физико-математические науки». - 2017.-№3(59).-С.40-46.

УДК 681 5 9 7558
ГРНТИ 50.03.03

М.А. Бейсенби[1], Ж.О. Башеева[2], Д.К. Сатыбалдина[3], А.Т. Кишубаева[4]

[1] д.т.н, профессор, Евразийский Национальный университет имени Л.Н. Гумилева, г.Астана, Казахстан,
[2] PhD докторант, Евразийский Национальный университет имени Л.Н. Гумилева, г.Астана, Казахстан
[3] к.т.н, доцент, Евразийский Национальный университет имени Л.Н. Гумилева, г.Астана, Казахстан
[4] старший преподаватель, Евразийский Национальный университет имени Л.Н. Гумилева, г.Астана, Казахстан

СИНТЕЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПО ВЫХОДУ ОБЪЕКТА ГРАДИЕНТНО-СКОРОСТНЫМ МЕТОДОМ ВЕКТОР ФУНКЦИЙ Л.М.ЛЯПУНОВА

Аннотация

В статье рассматривается система управления по выходу объекта с одним входом и с одним выходом. Исследование замкнутой системы управления производится градиентно-скоростным методом вектор-функций Ляпунова. Построение вектор-функций Ляпунова базируется на градиентности системы управления и эквивалентности вектор-функций Ляпунова и потенциальной функции из теорий катастроф. Исследование устойчивости замкнутой системы управления по выходу объекта и решение задачи синтеза регулятора (определения матрицы коэффициентов усиления) и наблюдателя (вычисление элементов матрицы наблюдающего устройства) основывается на прямом методе Л. М. Ляпунова. Предложенный градиентно-скоростной метод вектор-функций Ляпунова для исследования системы по выходу объекта можно рассматривать как подход к определению параметров регулятора и наблюдателя, обеспечивающего заданные (желаемые) переходные характеристики замкнутой системе.

Ключевые слова: Системы управления, замкнутая система управления, вектор функция А.М.Ляпунова, градиентно-скоростной метод, система управления по выходу объекта с одним входом и с одним выходом.

Аңдатпа

М.Ә. Бейсенбі[1], Ж.О. Башеева[2], Д.К. Сатыбалдина[3], А.Т. Кишубаева[4]

Л.М.ЛЯПУНОВ ВЕКТОР-ФУНКЦИЯЛАРЫНЫҢ ГРАДИЕНТ-ЖЫЛДАМДЫҚ ӘДІСІМЕН ОБЪЕКТІНІҢ ШЫҒЫСЫ БОЙЫНША БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІН СИНТЕЗДЕУ

[1]т.ғ.д., профессор, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
[2]PhD докторант, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
[3]т.ғ.к., доцент, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
[4]аға оқытушы, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

Мақалада бір кіріс және бір шығысы бар объектіні шығысы бойынша басқару жүйесі қарастырылады. Тұйықталған басқару жүйесін зерттеу Ляпунов вектор-функцияларының градиент-жылдамдық әдісімен жүзеге асырылады. Ляпунов векторлық функцияның құрылысы басқару жүйелерінің градиенттік сипатына және апат теориясынан әлеуетті функциямен векторлық функциялардың паритетіне негізделген. Жабық тұйықталған басқару жүйесінің тұрақтылығын және контроллер мәселесін шешу (матрицаның коэффициентін анықтау) және бақылаушы (байқаушы құралдың матрицалық элементтерін есептеу) синтезі Ляпуновтың тікелей әдістеріне негізделген. Осы мақалада ұсынылған көзқарас контроллер мен бақылаушы параметрлерін белгілі бір өтпелі сипаттамалары бар тұйық цикл үшін анықтау әдісі ретінде қарастыруға болады.

Түйін сөздер*:* Басқару жүйелері, тұйықталған басқару жүйесі, Ляпунов вектор-функциясы, градиент-жылдамдық әдісі, бір кіріс және бір шығысы бар объектіні шығысы бойынша басқару жүйесі.

Abstract

SYNTHESIS OF CONTROL SYSTEMS BY OUTPUT OF THE OBJECT BY SPEED- GRADIENT METHOD OF L.M.LYAPUNOV VECTOR FUNCTIONS

Beisenbi M.A. [1], Basheyeva Zh.O. [2], Satybaldina D.K. [3], Kishubaeva A.T. [4]
[1] Dr. Sci. (Engineering), Professor, L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
[2] PhD Doctoral student, L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
[3]Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
[4]Senior Lecturer, L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

The article considers the control system by the output of an object with one input and one output. The study of a closed loop control system is carried out by a speed-gradient method of Lyapunov vector functions. Construction of the vector function is based on the gradient nature of the control systems and the parity of the vector functions with the potential function from the theory of catastrophe. Investigation of the closed-loop control system's stability and solution of the problem of controller (determining the coefficient of magnitude matrix) and observer (calculation of the matrix elements of the observing equipment) synthesis is based on the direct methods of Lyapunov. The approach offered in this paper can be considered as a way of determining the parameters of the controller and observer for a closed-loop with certain transitional characteristics.

Key words*:* Control systems, closed loop control system, A.M. Lyapunov vector function, speed- gradient method, control system by output of an object with one input and one output.

На практике часто доступен к измерению не вектор состояния $x(t)$, а выход объекта $y(t)$. В этом случае используется в законе управления не сами переменные состояния объекта $x(t)$, а их оценки $\hat{x}(t)$ полученные с помощью наблюдателя [1,2,3,4]. При этом требуется показать как изменяются динамические свойства системы и как влияет на свойство системы замена в регуляторе значений состояния на его оценки. При модальном управлении [1,5] по выходу ищут характеристический многочлен замкнутой системы.

Характеристический многочлен [6] замкнутой системы с регулятором, использующим оценки состояния объекта с наблюдателем требует объединения корней характеристического многочлена системы с модальным регулятором и собственных чисел наблюдателя состояния [1,3,6]. Таким образом, задача синтеза модельного регулятора с наблюдателем становится сложной проблемой.

Известные [1,3] итерационные алгоритмы управления отдельными собственными значениями базируются на предварительном приведении матрицы объекта к треугольному виду или к блочно-диагональной форме. При этом в качестве неособой матрицы преобразования используется матрица управляемости или неособая матрица в каноническом преобразовании определяются собственными векторами матрицы объекта, сложные правила и алгоритмы вычисления которых не всегда однозначные, например изложены в [6,7].

В статье рассматривается система управления по выходу объекта с одним входом и с одним выходом. Исследование динамического компенсатора производится градиентно-скоростным методом Вектор-функции Ляпунова [8,9,10,11]. Построение вектор-функций Ляпунова базируется на градиентности системы управления и эквивалентности вектор-функций Ляпунова и потенциальной функции из теорий катастроф [12,13]. Исследование устойчивости замкнутой системы управления по выходу объекта и решение задачи синтеза регулятора (определения матрицы коэффициентов усиления) и наблюдателя (вычисление элементов матрицы наблюдающего устройства) основывается на прямом методе Л.М.Ляпунова [14,15]. Предлагается подход к определению параметров регулятора и наблюдателя по желаемой характеристике замкнутой системы.

Пусть система управления по выходу объекта описывается системой уравнений [1,2,3,4]:

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t), y(t) = Cx(t), x(t_0) = x_0, \quad (1)$$

$$u(t) = -K\hat{x}(t), \quad (2)$$

$$\dot{x}(t) = (A - LC)\hat{x}(t) + Bu(t) + Ly(t), \hat{x}(t_0) = \hat{x}_0, \quad (3)$$

Преобразуем уравнение состояния (1)-(3). Для этого используем ошибку оценивания $\varepsilon(t) = x(t) - \hat{x}(t)$. Тогда можем записать $\hat{x}(t) = x(t) - \varepsilon(t)$, и уравнения (1)-(3) преобразуются к виду:

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + BKx(t) + BK\varepsilon(t), x(t_0) = x_0, \quad (4)$$

$$\dot{\varepsilon}(t) = A\varepsilon(t), -LC\varepsilon(t), \varepsilon(t_0) = \varepsilon_0 \quad (5)$$

Для простоты рассмотрим систему с одним входом и с одним выходом, соответственно система имеет матрицу вида:

$$A=\begin{Vmatrix} 0 & 1 & 0 & ... & 0 \\ 0 & 0 & 1 & ... & 0 \\ ... & ... & ... & ... & ... \\ 0 & 0 & 0 & ... & 0 \\ -a_n & -a_{n-1} & -a_{n-2} & ... & -a_1 \end{Vmatrix}, B=\begin{Vmatrix} 0 \\ 0 \\ ... \\ 0 \\ b_n \end{Vmatrix}, L=\begin{Vmatrix} 0 \\ 0 \\ ... \\ 0 \\ l_n \end{Vmatrix}$$

$$K=\|k_1,k_2,...,k_n\|, C=\|c_1,c_2,...,c_n\|$$

Систему (4) , (5) в развернутой форме представим в виде:

$$\begin{cases} \dot{x}_1=x_2 \\ \dot{x}_2=x_3 \\ ... \\ \dot{x}_{n-1}=x_n \\ \dot{x}_n=-(a_n+b_nk_1)x_1-(a_{n-1}+b_nk_2)x_2-(a_{n-2}+b_nk_3)x_3-,...,-(a_1+b_nk_n)x_n+ \\ +b_nk_1\varepsilon_1++b_nk_2\varepsilon_2+b_nk_3\varepsilon_3,...,+b_nk_n\varepsilon_n \\ \varepsilon_1=\varepsilon_2 \\ \varepsilon_2=\varepsilon_3 \\ ... \\ \varepsilon_{n-1}=\varepsilon_n \\ \dot{\varepsilon}_n=-(a_n+l_nc_1)\varepsilon_1-(a_{n-1}+l_nc_2)\varepsilon_2-(a_{n-2}+l_nc_3)\varepsilon_3-,...,-(a_1+l_nc_n)\varepsilon_n \end{cases} \quad (6)$$

Следует отметить, что при отсутствии внешних воздействий процессы в системе (4), (5) должен асимптотически приближаться к процессам в системе с регулятором по состоянию, как если бы замкнутая система управления по вектору состояния, была подвержена действию затухающих возмущений. Роль этих возмущений играет составляющая $K\varepsilon(t))$ в уравнении (6) Ошибка должна быть затухающей и скорость затухания ошибки определяется при синтезе наблюдателя. Основное свойство системы (4) и (5) – это асимптотическая устойчивость. Находим условие робастной асимптотической устойчивости системы (6) градиентно-скоростным методом вектор функций Ляпунова [8,9,10,11].

Из (6) находим компоненты вектора градиента для вектор-функций Ляпунова $V(x,\varepsilon)=(V_1(x,\varepsilon),V_2(x,\varepsilon),...,V_{2n}(x,\varepsilon))$:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial V_1(x,\varepsilon)}{\partial x_2}=-x_2;.\dfrac{\partial V_2(x,\varepsilon)}{\partial x_3}=-x_3;.\dfrac{\partial V_{n-1}(x,\varepsilon)}{\partial x_n}=-x_n; \\ \dfrac{\partial V_n(x,\varepsilon)}{\partial x_1}=(a_n+b_nk_1)x_1,\dfrac{\partial V_n(x,\varepsilon)}{\partial x_2}=(a_{n-1}+b_nk_2)x_2,...,\dfrac{\partial V_n(x,\varepsilon)}{\partial x_n}=(a_1+b_nk_n)x_n, \\ \dfrac{\partial V_n(x,\varepsilon)}{\partial \varepsilon_1}=-b_nk_1\varepsilon_1,\dfrac{\partial V_n(x,\varepsilon)}{\partial \varepsilon_2}=-b_nk_2\varepsilon_2,...,\dfrac{\partial V_n(x,\varepsilon)}{\partial \varepsilon_n}=-b_nk_n\varepsilon_n \\ \dfrac{\partial V_{n+1}(x,\varepsilon)}{\partial \varepsilon_1}=-\varepsilon_2;\dfrac{\partial V_{n+2}(x,\varepsilon)}{\partial \varepsilon_2}=-\varepsilon_3;..., \\ .\dfrac{\partial V_{2n}(x,\varepsilon)}{\partial \varepsilon_1}=(a_n+l_nc_1)\varepsilon_1,\dfrac{\partial V_{2n}(x,\varepsilon)}{\partial \varepsilon_2}=(a_{n-1}+l_nc_2)\varepsilon_2,...,\dfrac{\partial V_{2n}(x,\varepsilon)}{\partial \varepsilon_n}=(a_1+l_nc_n)\varepsilon_n \end{cases} \quad (7)$$

Из (6) находим разложение вектора скорости по координатам $(x_1,...,x_n,\varepsilon_1,...,\varepsilon_n)$.

$$\begin{cases}\left(\frac{dx_1}{dt}\right)_{x_2}=x_2,\left(\frac{dx_2}{dt}\right)_{x_3}=x_3,...,\left(\frac{dx_n}{dt}\right)_{x_n}=x_n,\\ \left(\frac{dx_n}{dt}\right)_{x_1}=-(a_n+b_nk_1)x_1,\left(\frac{dx_n}{dt}\right)_{x_2}=-(a_{n-1}+b_nk_2)x_2,...,\left(\frac{dx_n}{dt}\right)_{x_n}=-(a_1+b_nk_n)x_n,\\ \left(\frac{dx_n}{dt}\right)_{\varepsilon_1}=b_nk_1\varepsilon_1,\left(\frac{dx_n}{dt}\right)_{\varepsilon_2}=b_nk_2\varepsilon_2,...,\left(\frac{dx_n}{dt}\right)_{\varepsilon_n}=b_nk_n\varepsilon_n,\\ \left(\frac{d\varepsilon_1}{dt}\right)_{\varepsilon_1}=\varepsilon_2;\left(\frac{d\varepsilon_2}{dt}\right)_{\varepsilon_3}=\varepsilon_3;\left(\frac{d\varepsilon_{n-1}}{dt}\right)_{\varepsilon_n}=\varepsilon_n;\\ ...\\ \left(\frac{d\varepsilon_n}{dt}\right)_{\varepsilon_1}=-(a_n+l_nc_1)\varepsilon_1,\left(\frac{d\varepsilon_n}{dt}\right)_{\varepsilon_2}=-(a_{n-1}+l_nc_2)\varepsilon_2,...,\left(\frac{d\varepsilon_n}{dt}\right)_{\varepsilon_n}=-(a_1+l_nc_n)\varepsilon_n,\end{cases} \tag{8}$$

В качестве инструмента исследования устойчивости системы (6) используем основные положения прямого метода Ляпунова [14,15,16], для асимптотической устойчивости состояния равновесия системы необходимо и достаточно, чтобы существовало положительно определенная функция $V(x,\varepsilon)$ такая, что полная производная по времени вдоль решения уравнения состояния (6) является отрицательно определенной функцией. Полная производная по времени от функций Ляпунова, с учетом уравнения состояния (6) определяется как скалярное произведение вектора градиента (7) от функций Ляпунова на вектор скорости (8):

$$\begin{aligned}&\frac{dV(x,\varepsilon)}{dt}=\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{n}\frac{\partial V_i(x,\varepsilon)}{\partial x_k}\left(\frac{dx_i}{dt}\right)_{x_k}+\sum_{i=n+1k=1}^{2n}\sum^{n}\frac{\partial V_i(x,\varepsilon)}{\partial \varepsilon_k}\left(\frac{d\varepsilon_i}{dt}\right)_{\varepsilon_k}=-x_2^2-x_3^2,...,-x_n^2-(a_n+b_nk_1)^2x_1^2-\\ &-(a_{n-1}+b_nk_2)^2x_2^2-(a_{n-2}+b_nk_3)^2x_3^2,...,-(a_1+b_nk_n)^2x_n^2-b_n^2k_1^2\varepsilon_1^2-b_n^2k_2^2\varepsilon_2^2-\\ &-,...,-b_n^2k_n^2\varepsilon_n^2-\varepsilon_2^2-\varepsilon_3^2-(a_n+l_nc_n)^2\varepsilon_1^2-(a_{n-1}+l_nc_2)^2\varepsilon_2^2,...,-(a_1+l_nc_n)^2\varepsilon_n^2\end{aligned} \tag{9}$$

Из (9) следует, что полная производная по времени от вектор функции Ляпунова будет знакоотрицательной функцией.

Функцию Ляпунова из (7) можем представить в скалярной форме:

$$\begin{aligned}&V(x,\varepsilon)=-\frac{1}{2}x_2^2-\frac{1}{2}x_3^2,...,-\frac{1}{2}x_n^2+\frac{1}{2}(a_n+b_nk_1)x_1^2+\frac{1}{2}(a_{n-1}+b_nk_2)x_2^2++\frac{1}{2}(a_{n-2}+b_nk_3)x_3^2+,...,+\\ &+\frac{1}{2}(a_1+b_nk_n)x_n^2-\frac{1}{2}b_nk_1\varepsilon_1^2-\frac{1}{2}b_nk_2\varepsilon_2^2-\frac{1}{2}b_nk_3\varepsilon_3^2,...,-\frac{1}{2}b_nk_n\varepsilon_n^2-\frac{1}{2}\varepsilon_2^2-\frac{1}{2}\varepsilon_3^2-,...,-\frac{1}{2}\varepsilon_n^2+\\ &+\frac{1}{2}(a_n+l_nc_1)\varepsilon_1^2+\frac{1}{2}(a_{n-1}+l_nc_2)\varepsilon_2^2+\frac{1}{2}(a_{n-2}+l_nc_3)\varepsilon_3^2+,...,\frac{1}{2}(a_1+l_nc_n)\varepsilon_n^2=\frac{1}{2}(a_n+b_nk_1)x_1^2+\\ &+\frac{1}{2}(a_{n-1}+b_nk_2-1)x_2^2+\frac{1}{2}(a_{n-2}+b_nk_3-1)x_3^2+,...,+\frac{1}{2}(a_1+b_nk_n-1)x_n^2+\frac{1}{2}(a_n+l_nc_1-b_nk_1)\varepsilon_1^2+\\ &+\frac{1}{2}(a_{n-1}+l_nc_2-b_nk_2-1)\varepsilon_2^2+\frac{1}{2}(a_{n-2}+l_nc_3-b_nk_3-1)\varepsilon_3^2+,...,+\frac{1}{2}(a_1+l_nc_n-b_nk_n-1)\varepsilon_n^2,\end{aligned} \tag{10}$$

Условие положительной определенности (10) т.е. условие существования функции Ляпунова будет определяться

$$\begin{cases} a_n + b_n k_1 > 0 \\ a_{n-1} + b_n k_2 - 1 > 0 \\ a_{n-2} + b_n k_3 - 1 > 0 \\ \dots \\ a_1 + b_n k_n - 1 > 0 \end{cases} \quad (11) \qquad \begin{cases} a_n + l_n c_1 - b_n k_1 > 0 \\ a_{n-1} + l_n c_2 - b_n k_2 - 1 > 0 \\ a_{n-2} + l_n c_3 - b_n k_3 - 1 > 0 \\ \dots \\ a_1 + l_n c_n - b_n k_n - 1 > 0 \end{cases} \quad (12)$$

Качество и устойчивость системы управления определяются элементами матрицы замкнутой системы управления. Поэтому обеспечение «хороших» переходных процессов в системе т.е. качества управления в системе может быть достигнуто если матрица замкнутой системы имеет заданные значения. Это непосредственно приводит к условию получения заданных коэффициентов (элементов) матрицы замкнутой системы.

Система неравенств (11) и (12) является условием робастной устойчивости динамического компенсатора. Условие (11) дает непосредственно устойчивость системы при управлении по вектору состояния.

Пусть имеем некоторую систему управления желаемыми переходными процессами с одним входом и с одним выходом:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = x_3 \\ \dots \\ \dot{x}_{n-1} = x_n \\ \dot{x}_n = -d_n x_1 - d_{n-1} x_2 - d_{n-2} x_3 -,...,-d_1 x_n \end{cases} \quad (13)$$

Исследую систему (13) с заданными значениями коэффициентов $d_i(\mathrm{i}=1,...,\mathrm{n})$, градиентно-скоростным методом вектор-функций Ляпунова [8].

Из (13) определяем компоненты вектора градиента вектор-функций Ляпунова $V(x) = (V_1(x),...,V_n(x))$.

$$\begin{cases} \frac{\partial V_1(x)}{\partial x_2} = -x_2;. \frac{\partial V_2(x)}{\partial x_3} = -x_3;...., \frac{\partial V_{n-1}(x)}{\partial x_n} = -x_n; \\ \frac{\partial V_n(x)}{\partial x_1} = d_n x_1, \frac{\partial V_n(x)}{\partial x_2} = d_{n-1} x_2, \frac{\partial V_n(x)}{\partial x_3} = d_{n-2} x_3,..., \frac{\partial V_n(x)}{\partial x_n} = d_n x_n \end{cases} \quad (14)$$

Из (13) также определяем разложение вектора скорости по координатам

$$\begin{cases} \left(\frac{dx_1}{dt}\right)_{x_2} = x_2;.\left(\frac{dx_2}{dt}\right)_{x_3} = x_3;....,\left(\frac{dx_{n-1}}{dt}\right)_{x_n} = x_n; \\ \left(\frac{dx_n}{dt}\right)_{x_1} = -d_n x_1, \left(\frac{dx_n}{dt}\right)_{x_2} = -d_{n-1} x_2, \left(\frac{dx_n}{dt}\right)_{x_3} = -d_{n-2} x_3,..., \left(\frac{dx_n}{dt}\right)_{x_n} = -d_1 x_n \end{cases} \quad (15)$$

Полная производная по времени от вектор-функции Ляпунова определяется, как скалярное произведение вектора градиента (14) на вектор скорости (15):

$$\frac{dV(x)}{dt} = -x_2 - x_3 -;....,-x_n^2 - d_n^2 x_1^2 - d_{n-1}^2 x_2^2 - d_{n-2}^2 x_3^2 -,...,-d_1^2 x_n^2 \quad (16)$$

Из (16) следует, что полная производная по времени от вектор-функции Ляпунова является знакоотрицательной функцией.

Вектор-функций Ляпунова в скалярной форме, из (14) можем представить в виде:

$$V(x)=\frac{1}{2}d_n x_1^2+\frac{1}{2}(d_{n-1}-1)x_2^2+\frac{1}{2}(d_{n-2}-1)x_3^2+,...,+\frac{1}{2}(d_1-1)x_n^2 \tag{17}$$

Ставится задача определения коэффициентов регулятора (элементов матрицы K) таких, что элементы матрицы замкнутой системы имел заданные значения d_i.

Таким образом исследуя устойчивости системы с заданными значениями коэффициентов d_i градиентно-скоростным методом вектор-функций Ляпунова получим:

$$d_n>0, d_{n-1}\text{-}1>0, d_{n-2}\text{-}1>0,..., d_1\text{-}1>0, \tag{18}$$

Приравнивая элементы системы неравенств (11) и (18) получим

$$\begin{cases} k_1=\dfrac{1}{b_n}(d_n-\mathrm{a_n}) \\ k_2=\dfrac{1}{b_n}(d_{n-1}-\mathrm{a_{n\text{-}1}}) \\ k_3=\dfrac{1}{b_n}(d_{n-2}-\mathrm{a_{n\text{-}2}}) \\ \ldots \\ k_n=\dfrac{1}{b_n}(d_1-\mathrm{a_1}) \end{cases} \tag{19}$$

$$\begin{cases} 2a_n+l_n c_1-d_n>0 \\ 2a_{n-1}+l_{\mathrm{n}}\mathrm{c}_2-\mathrm{d}_{\mathrm{n\text{-}1}}-1>0 \\ 2a_{n-2}+l_{\mathrm{n}}\mathrm{c}_3-\mathrm{d}_{\mathrm{n\text{-}2}}-1>0 \\ \ldots \\ 2a_1+l_n c_n-d_1-1>0 \end{cases} \tag{20}$$

Из системы неравенств (20) получим:

$$l_{\mathrm{n}}=\max\left(\frac{\mathrm{d_n}-2a_n}{c_1},\max_i\frac{\mathrm{d_{n\text{-}i}}+1-2a_{n-i}}{c_{i+1}}\right), i=1,2,...,n-1, \tag{21}$$

Таким образом уравнения (4) и (5) позволяют сделать вывод, что при отсутствии внешних воздействий процессы в системе должен асимптотически приближаться к процессам в системе с регулятором по состоянию, как если бы система управления по вектору состояния была подвержена действию затухающих возмущений. Роль этих возмущений играет составляющая $Bk\varepsilon(t)$ в уравнении (4).

Скорость затухания ошибки $\varepsilon(t)$ можно определить при синтезе наблюдателя из (21).

Заключение

Известные методы синтеза замкнутой системы управления с регулятором, использующим оценки состояния объекта и наблюдателем основаны на объединении корней характеристического многочлена системы с модальным регулятором и собственных чисел наблюдателя состояния. Это требует сложные и неоднозначные вычисления. Предварительно матрица объекта приводится к блочно-диагональной форме. При этом неособая матрица в каноническом преобразовании определяется собственными векторами матрицы объекта.

Исследование замкнутой системы градиентно-скоростным методом вектор-функций Ляпунова позволяет предложить подход к определению параметров регулятора и наблюдателя, обеспечивающего желаемые характеристики системе без сложных и неоднозначных вычислений.

Список использованных источников

1 Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Избранные главы теории автоматического управления с примерами на языке MATLAB – СПб.: Наука, 2000.475с.

2 Квакернак Х., Сиван Р. Линейные оптимальные системы управления. М.: Мир, 1986. 650с.
3 Андреев Ю.Н. Управление конечномерными линейными объектами. М.: Наука, 1976.424с.
4 Рей У. Методы управления технологическими процессами. М.: Мир, 1983.638с.
5 Кухаренко Н.В. Синтез модальных регуляторов при неполной управляемояти объектов //Известия Академии наук. Россиская академия наук. Техническая кибернетика.1992. №3
6 Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. М.: Наука, 1967.
7 Стрейц В. Метод пространства состояний в теории дискретных линейных систем управления // Пер. с англ. М.: Наука, 1985.
8 Бейсенби М.А. Исследование робастной устойчивости систем автоматического управления методом функций А.М.Ляпунова.- Астана, 2015. – 204 с.
9 Beisenbi M., Uskenbayeva G. The New Approach of Design Robust Stability for Linear Control System. Proc. of the Intl. Conf. on Advances in Electronics and Electrical Technology—AEET 2014, pp.11-18.2014
10 Beisenbi M., Yermekbayeva J. Construction of Lyapunov function to examine Robust Stability for Linear System. International Journal of Control. Energy and Electrical Engineering (CEEE), V (1) pp.17-22. Publisher Copyright – IPCO-2014.
11 Beisenbi M., Uskenbayeva G., Satybaldina D., Martsenyuk V., Shailhanova A. Robust stability of spacecraft traffic control system using Lyapunov functions. 16th International Conference on Control, Automation and System (ICCAS), IEEE 2016, pp. 743-748.
12 Гилмор Р. Прикладная теория катастроф. В 2-х томах. Т.1. – М.: Мир,1984.
13 Постон Т., Стюарт И. Теория катастроф и ее приложения. – М.: Наука, 2001, №6
14 Малкин И.Г. Теория устойчивости движения. - М.: Наука, 1966 – 534 с.
15 Барбашин Е. А. Введение в теорию устойчивости – М.: Наука, 1967 – 225 с.

УДК 519.6
ГРНТИ 27.41.19

М.А. Бектемесов [1], С.Е.Касенов [2], Ж.Ә.Әскербекова [3]

[1] Д.ф.-м.н., профессор, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан
[2] PhD доктор, и.о. доцент Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан
[3] PhD докторант, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан

ИТЕРАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ПРЯМОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ГЕЛЬМГОЛЬЦА

Аннотация

В данной работе разработан алгоритм численного решения прямой задачи для уравнения Гельмгольца. Данная задача относится к эллиптическому типу уравнения. При решении уравнений эллиптического типа используются разностные схемы. Разностные схемы получаются путем замены производных их конечно-разностными аппроксимациями. В данной работе рассмотрены следующие итерационных разностные методы, такие как: метод Якоби, метод Зейделя и метод верхней релаксаций. Целью данной работы является нахождения приближенного решения прямой задачи для уравнения Гельмгольца. Для каждого метода описан пошаговый алгоритм численного решения. Изложенные методы реализуется и позволяет получать приближенные решение прямой задачи с необходимой точностью. Представлены численные расчеты задачи и проведен сравнительный анализ. Численные эксперименты показывают, что итерационные методы Зейделя и верхней релаксаций сходится быстрее, чем метод Якоби.

Ключевые слова: уравнение Гельмгольца, начально-краевая задача, итерационные методы, метод Якоби, метод Зейделя, метод верхней релаксаций.

Аңдатпа

М.А. Бектемесов [1], С.Е.Касенов [2], Ж.Ә.Әскербекова [3]

ГЕЛЬМГОЛЬЦ ТЕҢДЕУІ ҮШІН ТУРА ЕСЕПТІ ШЕШУДІҢ ИТЕРАЦИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРІ

[1] ф.-м.ғ.д., профессор, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2] PhD докторы, доцент м.а., әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[3] әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті PhD докторанты, Алматы қ., Қазақстан

Осы мақалада Гельмгольц теңдеуі үшін тура есептің сандық шешу алгоритмі қарастырылған. Берілген есеп эллиптикалық типті теңдеуге жатады. Эллиптикалық типтегі теңдеуді шешу үшін айырымдық сұлба қолданылады. Айырымдық сұлба туындыларды олардың ақырлы - айырымдық жуықтауларына алмастыру арқылы алынады. Бұл жұмыста келесі итерациялық айырымдық әдістер қарастырылған: Якоби, Зейдель, жоғарғы релаксация. Жұмыстың мақсаты Гельмгольц теңдеуі үшін тура есептің шешімін жуықтап табу болып табылады. Әр әдіс үшін есептің сандық шешуіне қадам бойынша алгоритм жасалған. Қарастырылған әдістер тура есептің жуық шешімін қажетті дәлдікке дейін алуға мүмкіндік береді. Сандық тәжірибелер көрсеткендей, Зейдель және жоғарғы релаксация итерациялық әдістері Якоби әдісіне қарағанда тезірек жинақталады.

Түйін сөздер: Гельмгольц теңдеуі, бастапқы-шектік есептер, итерациялық әдістер, Якоби әдісі, Зейдель әдісі, жоғарғы релаксация әдісі.

Abstract

ITERATIVE METHOD FOR SOLVING A DIRECT PROBLEM FOR THE HELMHOLTZ EQUATION

Bektemesov M.A.[1], Kassenov S.Ye.[2], Askerbekova Zh.A.[3]

[1] Dr. Sci. (Phys-Math), Professor, Abai University, Almaty, Kazakhstan

[2] PhD, Assistant Professor, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

[3] PhD doctoral student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

In this paper, we develop an algorithm for the numerical solution of the direct problem for the Helmholtz equation. This problem relates to an elliptic type of equation. When solving equations of elliptic type, difference schemes are used. Difference schemes are obtained by replacing the derivatives by their finite-difference approximations. In this paper we consider iterative difference methods, such as the Jacobi method, the Seidel method, and the upper relaxation method. The aim of this paper is to find an approximate solution of the direct problem for the Helmholtz equation. For each method a step-by step algorithm of numerical solution is described. The above methods are realized and it makes it possible to obtain approximate solutions of the direct problem with the necessary accuracy. Numerical calculations of the problem are presented and a comparative analysis is performed. Numerical experiments show that methods Zeydel and upper relaxacias are more efficient than Jacobi's method.

Key words: Helmholtz equation, initial-boundary value problem, iterative methods, Jacobi method, Seidel method, upper relaxation method.

Во многих случаях распространения гармонических волн в неоднородной среде описываются решениями уравнение Гельмгольца. Уравнение Гельмгольца, частный случай уравнение акустики и широко используется для описания разнообразных физических явлений в акустике атмосферы и океана, в геофизике, в дефектоскопии, в сейсмологии. Для численного решения таких задач применяются разные численные методы [1].

Численные методы решения прямых задач используются при численном решении обратных задач. Во многих случаях, исходная (некорректная) задача сводится к обратной задаче и записывается в операторном виде $Aq = f$. Далее данная задача сводится к задаче минимизации функционала $J(q) = \langle Aq - f, Aq - f \rangle$. Для минимизаций функционала используются градиентные методы. Численный алгоритм решения обратной задачи осуществляется с помощью прямой и сопряженной задачи. Поэтому численное решение многих обратных задач реализуются серией решений прямых задач.

Рассмотрим начально-краевую задачу в области $\Omega = (0, 1) \times (0, 1)$ [2]:

$$u_{xx} + u_{yy} + \left(\frac{\rho_x}{\rho} \cdot u_x + \frac{\rho_y}{\rho} \cdot u_y \right) + \left(\frac{\omega}{c} \right)^2 \cdot u = 0 \qquad (1)$$

$$u\,(0, y) = g_1(y), \qquad y \in [0, 1] \qquad (2)$$

$$u(1, y) = q_1(y), \qquad y \in [0, 1] \qquad (3)$$

$$u(x, 0) = g_2(x), \qquad x \in [0, 1] \qquad (4)$$

$$u(x, 1) = q_2(x), \qquad x \in [0, 1] \qquad (5)$$

Для численного решения задачи рассмотрим три метода.

Прямую задачу рассматриваем в дискретном виде. Для численного решения прямой задачи построим в Ω сетку ω_h с шагом $h_x = 1/N_x$, $h_y = 1/N_y$, где $N_x = N_y = N$ – целые положительные числа. Поэтому, $h_x = h_y = h$, $\omega_h = \left\{ x = i \cdot h, y = j \cdot h; i, j = \overline{1, N-1} \right\}$.

Соответствующая разностная задача для уравнения Гельмгольца имеет вид: $\frac{u_{i+1,j}-2u_{i,j}+u_{i-1,j}}{h^2}+\frac{u_{i,j+1}-2u_{i,j}+u_{i,j-1}}{h^2}-\frac{\rho_{i+1,j}-\rho_{i-1,j}}{2\cdot h\ \cdot\rho_{i,j}}\cdot\frac{u_{i+1,j}-u_{i-1,j}}{2\cdot h}-\frac{\rho_{i,j-1}-\rho_{i,j+1}}{2\cdot h\ \cdot\rho_{i,j}}\cdot\frac{u_{i,j+1}-u_{i,j-1}}{2\cdot h}+\left(\frac{\omega}{c}\right)^2 u=0$

$i=\overline{1,N_x-1},\ j=\overline{1,N_y-1}$ (6)

Краевые условия запишутся в форме:

$u_{0,j}=g_1{}^j$ $j=\overline{0,N_y}$ (7)

$u_{1,j}=q_1{}^j$ $j=\overline{0,N_y}$ (8)

$u_{i,0}=g_2{}^i$ $i=\overline{0,N_x}$ (9)

$u_{1,j}=q_2{}^i$ $i=\overline{0,N_x}$ (10)

Для удобства введем обозначения:

$k_1=\left(\frac{\omega}{c}\right)^2$, $r_1=\frac{\rho_{i+1,j}-\rho_{i-1,j}}{4\cdot\rho_{i,j}}$, $r_2=\frac{\rho_{1,j+1}-\rho_{i,j-1}}{4\cdot\rho_{i,j}}$, $\rho=e^{-\frac{\left(x-\frac{a}{2}\right)^2+\left(y-\frac{b}{2}\right)^2}{2\cdot(0.15)^2}}$

1) Метод Якоби [3].

Шаг 1.

Вычислим:

$u_{0,j}=g_1{}^j,\ j=1,...,\ N_y-1,\ u_{1,j}=q_1{}^j,\ j=1,...,\ N_y-1,$

$u_{i,1}=q_2{}^i,\ i=0,...,\ N_x,\ u_{i,0}=g_2{}^i,\ i=0,...,\ N_x.$

Положим $n=0$; зададим начальное приближение искомого решения, $u_{i,j}^0=0$, $i=1,...,\ N_x-1,\ j=1,...,\ N_y-1$ во внутренних узлах сетки.

Шаг 2.

Вычислим $u_{i,j}^{(n+1)}$

$$u_{i,j}^{n+1}=\frac{\left(1-r_1\right)\cdot u_{i+1,j}^n+\left(1+r_1\right)\cdot u_{i-1,j}^n+\left(1-r_2\right)\cdot u_{i,j+1}^n+\left(1+r_2\right)\cdot u_{i,j-1}^n}{4-k_1\cdot h^2}.$$

Шаг 3.

Если выполняется условие окончания $\max\left|u_{i,j}^{(n+1)}-u_{i,j}^{(n)}\right|\le\varepsilon$, завершаем процесс, здесь $\varepsilon>0$ - желаемая точность.

2) Метод Зейделя [3].

Шаг 1.

Используя известные граничные значения вычислим:

$u_{0,j}=g_1{}^j,\ j=1,...,\ N_y-1,\ u_{1,j}=q_1{}^j,\ j=1,...,\ N_y-1,$

$u_{i,1}=q_2{}^i,\ i=0,...,\ N_x,\ u_{i,0}=g_2{}^i,\ i=0,...,\ N_x.$

Положим $n=0$; зададим начальное приближение искомого решения $u_{i,j}^0=0$, $i=1,...,\ N_x-1,\ j=1,...,\ N_y-1$ во внутренних узлах сетки.

Шаг 2.

Положим $j=1$.Вычислим $u_{i,j}^{(n+1)}$

$$u_{i,j}^{n+1}=\frac{\left(1-r_1\right)\cdot u_{i+1,j}^n+\left(1+r_1\right)\cdot u_{i-1,j}^{n+1}+\left(1-r_2\right)\cdot u_{i,j+1}^n+\left(1+r_2\right)\cdot u_{i,j-1}^{n+1}}{4-k_1\cdot h^2}$$

В методе Зейделя использование с $(n+1)$-й итерации, улучшает сходимости.

Шаг 3.

Если $j = N_y - 1$, процесс завершается. Иначе положить $j = j + 1$ и перейти к шагу 2.

Шаг 4.

Если выполняется условие окончания $\max\left|u_{i,j}^{(n+1)} - u_{i,j}^{(n)}\right| \le \varepsilon$, завершаем процесс, здесь $\varepsilon > 0$ - желаемая точность.

3) Метод верхней релаксаций [3].

Шаг 1.

Используя известные граничные значения вычислим:

$u_{0,j} = g_1^{\,j},\ j = 1,...,\ N_y - 1,\ u_{1,j} = q_1^{\,j},\ j = 1,...,\ N_y - 1,$

$u_{i,1} = q_2^{\,i},\ i = 0,...,\ N_x,\ u_{i,0} = g_2^{\,i},\ i = 0,...,\ N_x.$

Положим $n = 0$; зададим начальное приближение искомого решения $u_{i,j}^{0} = 0$, $i = 1,...,\ N_x - 1, j = 1,...,\ N_y - 1$ во внутренних узлах сетки.

Шаг 2.

Положим $j = 1$. Метод верхней релаксации определяется следующим уравнением. Вычислим $u_{i,j}^{(n+1)}$:

$$u_{i,j}^{n+1} = \mu \cdot u_{i,j}^{n} + \frac{1-\mu}{4}\left(\frac{(1-r_1)\cdot u_{i+1,j}^{n} + (1+r_1)\cdot u_{i-1,j}^{n+1} + (1-r_2)\cdot u_{i,j+1}^{n} + (1+r_2)\cdot u_{i,j-1}^{n+1}}{4 - k_1 \cdot h^2}\right)\mu$$ -

параметр релаксации. Член $\mu \cdot u_{i,j}^{(n)}$ характеризует о значении решения на предыдущей итерации.

Шаг 3.

Если $j = N_y - 1$, процесс завершается. Иначе положить $j = j + 1$ и перейти к шагу 2.

Шаг 4.

Если выполняется условие окончания $\max\left|u_{i,j}^{(n+1)} - u_{i,j}^{(n)}\right| \le \varepsilon$, завершаем процесс, здесь $\varepsilon > 0$ - желаемая точность.

Численные результаты. Описание численного эксперимента. $N = 100$, $\omega = 0.1$, $c = 1$, $a = 2$, $b = 2$, $g_1 = \frac{1-\cos(8\cdot\pi\cdot y/b)}{2}$, $q_1 = \frac{1-\cos(2\cdot\pi\cdot y/b)}{2}$, $g_2 = \frac{1-\cos(8\cdot\pi\cdot y/a)}{2}$, $q_2 = \frac{1-\cos(2\cdot\pi\cdot y/a)}{2}$, $\rho = e^{-\frac{\left(x-\frac{a}{2}\right)^2+\left(y-\frac{b}{2}\right)^2}{2\cdot(0.15)^2}}$

Ниже приведены результаты решения прямой задачи с разными методами и для разных чисел итераций n.

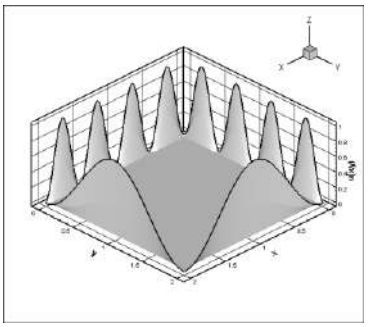


График *u(x,y)* при n=0

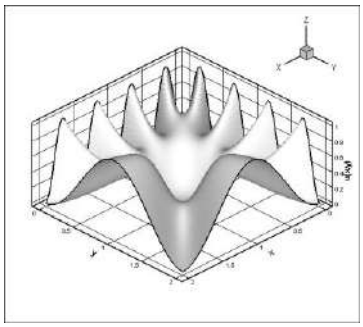


График *u(x,y)* при n=240

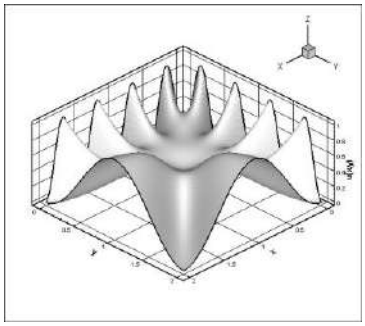


График *u(x,y)* при n=500

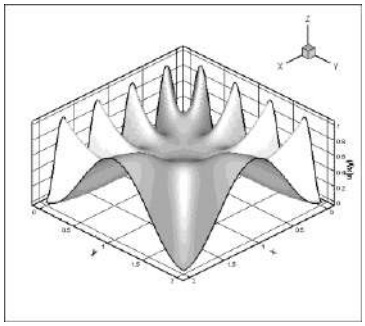


График *u(x,y)* при n=880

Рисунок 1. Результат по методу Якоби

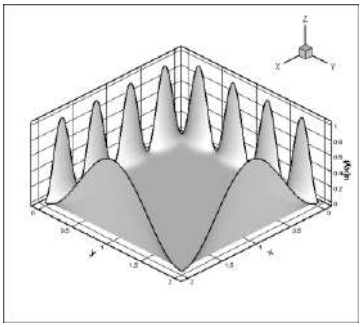


График *u(x,y)* при n=0

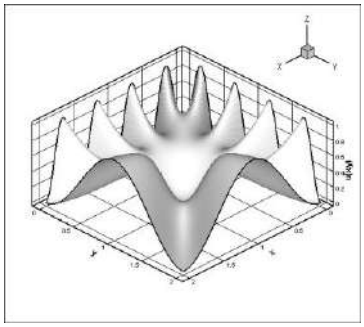


График *u(x,y)* при n=140

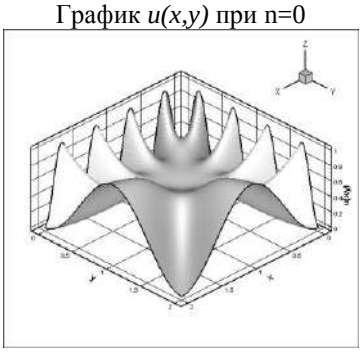


График *u(x,y)* при n=300

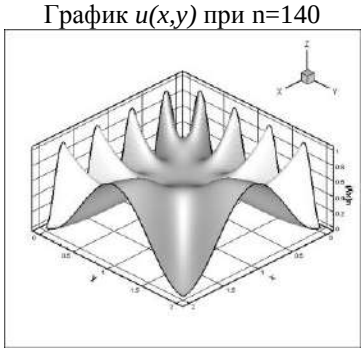


График *u(x,y)* при n=480

Рисунок 2. Результат по методу Зейделя

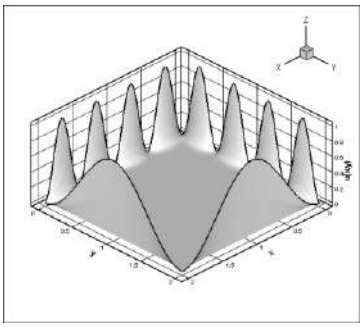


График *u(x,y)* при n=0

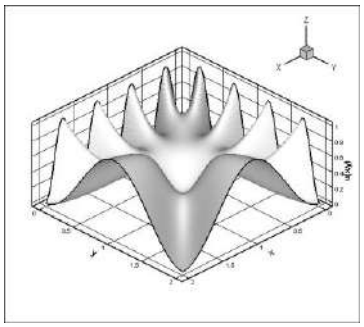


График *u(x,y)* при n=200

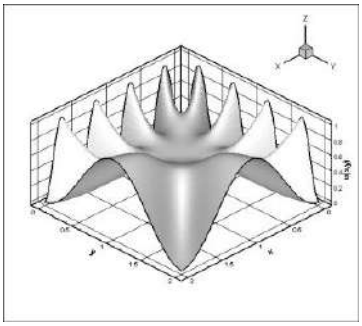


График *u(x,y)* при n=400

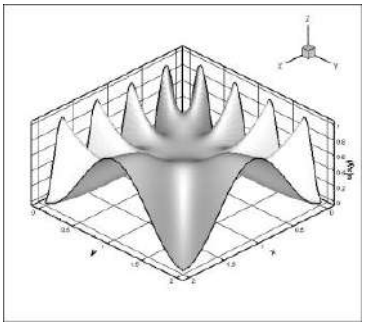


График *u(x,y)* при n=580

Рисунок 3. Результат по методу верхней релаксаций

Таблица 1. Сравнительный анализ методов прямой задачи по времени

Методы	N=50	N=100
Якоби	3,507 сек	26,066 сек
Зейдель	2,228 сек	15,463 сек
Релаксация	1,996 сек	20,794 сек

Изложенные методы достаточно просто реализуется и позволяет получать приближенные решение прямой задачи с необходимой точностью.

По таблице 1 при N=50 метод релаксация сходится быстрее чем остальные, а при N=100 метод Зейделя сходится быстрее чем остальные методы. Результаты численных экспериментов показали, что метод Зейделя и релаксаций сходится быстрее, чем метод Якоби. Можно сказать, что при решении эллипических уравнений итерационные методы оказываются эффективнее прямых методов.

Список использованных источников

1 Исакович М.А. «Общая акустика». М.:«Наука».–1973.-502с.- книга

2 Нурсеитов Д.Б., Касенов С.Е. Двумерные прямые и обратные задачи для уравнения Гельмгольца.// Материалы V международной школы молодых физиков «Космос, наука, нанотехнологии» Алматы, 2011. – С.98–101-труды конференций

3 Киреев В.И.«Численные методы в примерах и задачах». СПб. «Лань», - 2015. - 448с.-книга

УДК 517.958
ГРНТИ 27.31.55

А.С. Бердышев[1], Ж.А. Абдираманов[2]

[1]д.ф.-м.н., профессор, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, г.Алматы, Казахстан,
[2]докторант, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, г.Алматы, Казахстан

РАЗРЕШИМОСТЬ НАЧАЛЬНО-КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО ТИПА С ПАМЯТЬЮ

Аннотация

В работе для гиперболического уравнения второго порядка с памятью изучены вопросы однозначной разрешимости начальной задачи.

Методом интегральных уравнений доказаны теоремы существования и единственности задачи Коши. Найдены достаточные условия на данные задачи, обеспечивающие существование классического решения сформулированной задачи.

Ключевые слова: гиперболическое уравнение,задача Коши, метод интегральных уравнений.

Аңдатпа

А.С. Бердышев[1], Ж.А. Абдираманов[2]

ЖАДЫЛЫ ГИПЕРБОЛАЛЫҚ ТЕҢДЕУЛЕР ҮШІН БАСТАПҚЫ-ШЕКАРАЛЫҚ ЕСЕПТІ ШЕШУ

[1]ф.-м.ғ.д., Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университетінің профессоры, ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы қ., Қазақстан
[2] Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университетінің докторанты, ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы қ., Қазақстан

Жұмыста екінші дәрежелі гиперболалық теңдеулер үшін бастапқы есептің бірыңғай шешілетіндігі зерттелді.

Коши есебінің бар екендігі және оның жалғыздығы теоремаларын интегралдық теңдеулер әдісімен дәлелденді. Аталған есептердің классикалық шешімінің болуын қамтамасыз ететін жеткілікті шарттар алынды.

Түйін сөздер: гиперболалық теңдеулер, Коши есебі, интегралдық теңдеулер әдісі.

Abstract

INITIAL-BOUNDARY VALUE PROBLEMS SOLUTION FOR A HYPERBOLIC EQUATION WITH MEMORY

BerdyshevA.S. [1], Abdiramanov Zh.A.[2]

[1]Dr.Sci. (Phys-Math), Profesor, Abai University, Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK, Almaty, Kazakhstan
[1]PhD Student, Abai University, Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK, Almaty, Kazakhstan

In the paper studied the questions of unique solvability of the initial problem for a second-order hyperbolic equation with memory.

The existence and uniqueness theorems for the Cauchy problem are proved by the method of integral equations. Sufficient conditions for these problems are obtained, which ensure the existence of a classical solution of the formulated problem.

Key words:hyperbolic equation, Cauchy problem, method of integral equations.

Рассмотрим гиперболическое дифференциальное уравнения второго порядка с памятью вида

$$U_{tt} - a^2 U_{xx} + C(t,x)U(t,x) - \int_0^t K(z,x)U(z,x)dz = f(t,x) \qquad (1)$$

где $a = const,\ C(t,x),\ K(t,x)$ - заданные функций.

В случае, когда $K(t,x) \equiv 0$ уравнение (1) называется уравнением Клейна-Гордона-Фока и описывает динамику релятивисткой квантовой системы [1,2].

В данной работе для уравнения (1) рассматривается вопросы разрешимости задачи Коши.

Доказывается теоремы существования и единственности классического решения которые на основе строится численное решение.

Отметим, что различные краевые задачи для гиперболического уравнения изучались во многих работах (см., например[2-4]).

Пусть $\Omega \subset \square^2$ конечная область, ограниченная отрезками $AB: t=0,\ 0 \le x \le l,\ l>0,$ и характеристикой $AC: x-at=0$ и $BC: x+at=l$ уравнения (1).

Задача Коши. В области Ω найти классическое решение уравнения (1), удовлетворяющее условиям

$$U(0,x)=\tau(x),\ 0 \le x \le l \tag{2}$$

$$\frac{\partial U}{\partial t}(0,x)=\nu(x),\ 0<x<l \tag{3}$$

где $\tau(x)$ и $\nu(x)$ - заданные гладкие функции.

Задачу (1)-(3) будем изучать, когда уравнение (1) представлен в дивергентном виде. Для этого делаем замену переменных

$$\xi = x-at,\ \eta = x+at,\ x=\frac{\eta+\xi}{2},\ t=\frac{\eta-\xi}{2a} \tag{4}$$

В результате замены независимых переменных согласно формуле (4) область Ω перейдет в треугольник Δ с вершинами в точках $A'(0,0),\ B'(l,l),\ C'(0,l)$, а уравнение (1) запишется в виде

$$V_{\xi\eta} - \bar{C}(\xi,\eta)V(\xi,\eta) - \frac{1}{a}\int\limits_{\frac{\eta+\xi}{2}}^{\eta} \bar{K}(\xi+\eta-\eta_1,\eta_1)V(\xi+\eta-\eta_1,\eta_1)d\eta_1 = \bar{f}(\xi,\eta) \tag{5}$$

где

$$V(\xi,\eta)=V(x-at,x+at)=U(t,x),\ \bar{C}(\xi,\eta)=4a^2C(t,x)=4a^2C\left(\frac{\eta-\xi}{2a},\frac{\eta+\xi}{2}\right),$$

$$\bar{f}(\xi,\eta)=-4a^2f(t,x)=-4a^2f\left(\frac{\eta-\xi}{2a},\frac{\eta+\xi}{2}\right),\ \ \bar{K}(\xi,\eta)=K\left(\frac{\eta-\xi}{2a},\frac{\eta+\xi}{2}\right).$$

и условия (2) и (3) имеет вид

$$V(\xi,\eta)\big|_{\eta=\xi}=\bar{\tau}(\xi),\ 0 \le \xi \le l,\ \tau(x)=\bar{\tau}\left(\frac{\eta+\xi}{2}\right) \tag{6}$$

$$V_\eta(\xi,\eta)\big|_{\eta=\xi}=\frac{1}{2}\bar{\tau}'(\xi)-\frac{1}{2a}\bar{\nu}(\xi),\ 0 \le \xi \le l,\ \nu(x)=\bar{\nu}\left(\frac{\eta+\xi}{2}\right) \tag{7}$$

В области Δ решения $V(\xi,\eta)$ уравнения (5) путем интегрирования, с учетом условия (6) и (7) представим в виде интегрального уравнения второго рода с оператором типа Вольтерра[5]

$$\begin{aligned} &V(\xi,\eta)+\int\limits_{\xi}^{\eta}d\eta_1\int\limits_{\xi}^{\eta_1}\bar{C}(\xi_1,\eta_1)V(\xi_1,\eta_1)d\xi_1 + \\ &+\frac{1}{a}\int\limits_{\xi}^{\eta}d\eta_1\int\limits_{\xi}^{\eta_1}d\xi_1\int\limits_{\frac{\eta_1+\xi_1}{2}}^{\eta_1}\bar{K}(\xi_1+\eta_1-\eta_2,\eta_2)V(\xi_1+\eta_1-\eta_2,\eta_2)d\eta_2 = F(\xi,\eta) \end{aligned} \tag{8}$$

где $F(\xi,\eta)=-\int\limits_{\xi}^{\eta}d\eta_1\int\limits_{\xi}^{\eta_1}\bar{f}(\xi_1,\eta_1)d\xi_1+\left[\frac{1}{2}\bar{\tau}'(\xi)-\frac{1}{2a}\bar{\nu}(\xi)\right](\eta-\xi)+\bar{\tau}(\xi)$

Таким образом, задача Коши (5)-(7) сведена к доказательству существования дважды непрерывно дифференцируемого решения интегрального уравнения (8).

Решение уравнения (8) будем искать методом последовательных приближений. За нулевое приближение берем $V_0(\xi,\eta)=F(\xi,\eta)$ и следующие приближения вычисляются по формулам

$$V_{k+1}(\xi,\eta)=F(\xi,\eta)-\int_{\xi}^{\eta}d\eta_1\int_{\xi}^{\eta_1}\bar{C}(\xi_1,\eta_1)V_k(\xi_1,\eta_1)d\xi_1-$$
$$-\frac{1}{a}\int_{\xi}^{\eta}d\eta_1\int_{\xi}^{\eta_1}d\xi_1\int_{\frac{\eta_1+\xi_1}{2}}^{\eta_1}\bar{K}(\xi_1+\eta_1-\eta_2,\eta_2)V_k(\xi_1+\eta_1-\eta_2,\eta_2)d\eta_2 \quad (9)$$

Докажем равномерную сходимость, последовательности $\{V_k(\xi,\eta)\}$ в области Δ.

Справедливо следующая

Лемма. Для последовательности $(V_{k+1}(\xi,\eta)-V_k(\xi,\eta))$ имеет место оценка

$$|V_{k+1}(\xi,\eta)-V_k(\xi,\eta)|\le NL^{k+1}\sum_{i=0}^{k+1}C_{k+1}^{i}\frac{(\eta-\xi)^{2(k+1)+i}}{(2a)^i\left[2(k+1)+i\right]!}, \quad (10)$$

где $C_{k+1}^{i}=\dfrac{n!}{k!(n-k)!}$, $n\ge k$, $L=\max\{M,R\}$, $M=\max\limits_{(\xi,\eta)\in\Delta}|\bar{C}(\xi,\eta)|$, $R=\max\limits_{(\xi,\eta)\in\Delta}|\bar{K}(\xi,\eta)|$, $N=\max\limits_{(\xi,\eta)\in\Delta}|F(\xi,\eta)|$

Доказательство леммы проводится стандартным способом. Из оценок (10) следует абсолютная и равномерная сходимость ряда $V_0+\sum_{k=0}^{\infty}(V_{k+1}-V_k)$ члены которых по абсолютной величине меньше членов равномерно сходящегося ряда

$$N\sum_{k=0}^{\infty}\frac{\left[\dfrac{L}{2a}(d+\eta-\xi)^3\right]^k}{2k!}\le N\exp\left\{\sqrt{\frac{L}{2a}(d+\eta-\xi)^3}\right\}$$

где $d=\max\{1,2a\}$.

Следовательно, последовательные приближения V_k в треугольнике Δ равномерно стремится к пределу $V(\xi,\eta)$. Предельная функция непрерывны, так как все последовательные приближения непрерывны. Переходя к пределу в (9), мы получим, что предельная функция $V(\xi,\eta)$ удовлетворяет уравнению (8). Используя оценку (10) доказывается единственность решения уравнения (8).

Аналогично, доказывается абсолютная и равномерная сходимость следующих рядов

$$V_{0\xi}+\sum_{k=0}^{\infty}(V_{\xi k+1}-V_{\xi k}),\quad V_{0\eta}+\sum_{k=0}^{\infty}(V_{\eta k+1}-V_{\eta k}),\quad V_{0\xi\eta}+\sum_{k=0}^{\infty}(V_{\xi\eta k+1}-V_{\xi\eta k}).$$

Таким образом, доказана следующая

Теорема. Пусть $f(t,x)\in C^2(\bar{\Omega})$, $\tau(x),\nu(x)\in C^2[0,l]$ тогда классическое решение задачи Коши (1)-(3) существует и единственно.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта КН МОН РК №AP05131026

Список использованной литературы

1 Боголюбов Н. Н., Ширков Д. В. Квантовые поля. –М.:Физматлит, 2005 – 386 с.

2 Корзюк В. И., Смолярчук И. И., Классическое решение первой смешанной задачи для уравнения Клейна-Гордона-Фока в криволинейном полуполосе // Доклады Национальной академии наук Белоруси – 2014. – Т.58. №3. – С. 9-15.

3 Хапаев А. М., Цыганков А. А. Интегральное представление решений уравнения Клейна–Гордона// Журн. вычислительной математики и математ. физики. 1997. Т. 37, № 8. С. 975–978

4 Алексеева Л. А. Метод обобщенных функций в нестационарных краевых задачах для волнового уравнения// Математ. журн. 2006. Т. 6, № 1(19). С. 16–32.

5 Бердышев А.С. Краевые задачи и их спектральные свойства для уравнения смешанного параболо-гиперболического и смешанно-составного типов – Алматы, 2015. – 224 с.

УДК 517.925/.926; 517.938
ГРНТИ 27.29.19

С.Е. Джургабаев[1], С.А. Каримов[2]

[1]Жаратылыстану ғылымдарының Магистрі, математика мамандығы, Назарбаев Зияткерлік Мектебі, Алматы, Қазақстан.
[2]Физика бакалавры, Назарбаев Зияткерлік Мектебі, Алматы, Қазақстан.

ЕКІ ӨЛШЕМДІ ҮШІН БИГАРМОНИЯЛЫ ТЕҢДЕУЛЕРДІҢ ШЕТТІК ЕСЕПТЕРІНІҢ ГРИН ФУНКЦИЯЛАРЫ

Аңдатпа

Полярлық теңдеулер үшін Шекаралық есептердің Грин функциясының түрлі формулаларын Т. Богжо, В.С. Владимир Владимир, С. Л. Соболев, А.В. Бицадзе және басқалар қарастырған. Дегенмен, мұндай ұсыныстар ерекше жағдайлар үшін жазылады немесе тиімсіз формулалармен беріледі. Ұшақ корпусындағы Green функциясы тереңірек зерделенді. Екі кеңістіктік ауыспалы жағдайда, күрделі айнымалы функция теориясы әдістерімен Гриннің функциясының конструктивтік құрылысы туралы еркін тәртіптің полиармоникалық теңдеуі мен И.Н. Векуа, Х.Бежр, Т.Н. Vu, Z.-X. Чжан, Е. Гагернер, Т.С. Вайтехович. Мұнда Н.-С. Грунау, Г. Суерс, Х. Маагли, М. Селми, онда 3-G Green-ның функциясының әр түрлі бағалары берілген. Дегенмен күрделі айнымалы функциялардың теориясы әдісі жазықтық үшін сфералық болып табылады және кеңістіктік айнымалы шамалардың саны екеуден көп болған кезде қолайлы емес. Эллиптикалық теңдеулердің жаратылыстану ғылымының қолданбалы міндеттеріне көптеген тапсырмаларды қолдану және дұрыс шекаралық есептерді сипаттаудың бірыңғай әдістерінің жоқтығы және классикалық шекаралық есептерді құру полигармоникалық теңдеулер үшін Грин функция көмегімен жасалынған.

Түйін сөздер. Гармониялы, Бигармониялы Грин функциялары, дифференциалдық операторлар, фундаментальді шешім, гибридті комбинация

Аннотация
С.Е. Джургабаев[1], С.А. Каримов[2]
[1]Магистр естественных наук, специальност математика, Назарбаев Интеллектуальные Школы, г.Алматы, Казахстан.
[2]Бакалавр физики, Назарбаев Интеллектуальные Школы, Алматы, Казахстан.

ПОСТРОЕНИЕ ФУНКЦИИ ГРИНА В ДВУМЕРНОМ ИЗМЕРЕНИИ ДЛЯ БИГАРМОНИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ

Различные формулы функции Грина краевых задач для полигармонического уравнения получены T. Boggio, В.С. Владимировым, С. Л. Соболевым, А.В. Бицадзе и другими. Однако такие представления выписаны либо для частных случаев, либо даются неэффективными формулами. Более глубоко исследована функция Грина в плоском случае. В случае двух пространственных переменных полигармоническое уравнение произвольного порядка и вопросы конструктивного построения функции Грина методами теории функции комплексного переменного изучались в работах И.Н. Векуа, H. Begehr, T.N.H. Vu, Z.-X. Zhang, E. Gaertner, T.S. Vaitekhovich. Здесь же отметим работы Н.-С. Grunau, G. Sweers, H. Maagli, M. Selmi, в которых приведены различные оценки типа 3-G функции Грина. Однако методы теории функций комплексного переменного сфецифичны для плоского случая и не пригодны, когда число пространственных переменных больше двух. Многочисленные приложения к прикладным задачам естествознания эллиптических уравнений высокого порядка и отсутствие единых методов описания корректных краевых задач и построения решений классических краевых задач с помощью функции Грина для полигармонических уравнений делают тему исследуемой работы актуальной.

Ключевые слова. Гармонический, Бигармонический функции Грина, дифференциальные операторы, фундаментальное решения, гибридная комбинация

Abstract

THE CONSTRUCTION OF THE GREEN'S FUNCTION IN THE TWO-DIMENSIONAL DIMENSION FOR THE BIHARMONIC EQUATION

S.E. Jurgabayev[1], S.A. Karymov[2]

[1]Master of Science in Mathematics, Nazarbayev Intellectual Schools, Almaty, Kazakhstan

[2]Bachelor of Physics, Nazarbayev Intellectual Schools, Almaty, Kazakhstan

Various formulas for the Green's function of boundary value problems for a polyharmonic equation are obtained by T. Boggio, V.S. Vladimir Vladimirov, S. L. Sobolev, A.V. Bitsadze and others. However, such representations are written out either for special cases or are given by inefficient formulas. The Green's function in the plane case is studied more deeply. In the case of two space variables, a polyharmonic equation of arbitrary order and questions of the constructive construction of the Green's function by the methods of the theory of a function of a complex variable were studied in the works of I.N. Vekua, H. Begehr, T.N.H. Vu, Z.-X. Zhang, E. Gaertner, T.S. Vaitekhovich. Here we note the work of H.-C. Grunau, G. Sweers, H. Maagli, M. Selmi, in which various estimates of the type 3-G Green's function are given. However, the methods of the theory of functions of a complex variable are spherical for the plane case and are not suitable when the number of spatial variables is greater than two. Numerous applications to applied problems of natural science of elliptic equations of high order and the absence of unified methods for describing correct boundary value problems and constructing solutions of classical boundary value problems with the aid of the Green function for polyharmonic equations make the subject of the study work topical.

Key words. Harmonic, biharmonic Green functions, differential operator, fundamental decision, hybrid combination

Гармониялы Грин және Нейман функциясы және нақты Робин функциясы бигармониялы Грин функциясын құруда қолданады. Бұдан басқа бигармониялы Грин функциясының гибридті комбинациясы берілген. Жоғарыда көрсетілген функциялар дербес іргелі гармониялы шешімдерінің уйірткісі арқылы құрылады. Бірлік дөңгелек жағдайындағы шешімдері айқын көрсетілген. 9 бигармониялы Грин функциясынан басқа, бірлік дөңгелек ушін бигармониялы Грин функциясы нақты турде берілген және бұл функцияда уйірткісі анықталмаған.

Бигармониялы Грин функциясына қатысты шеттік есептердің барлығы нақты емес. Егер шеттік есеп бар болса, онда қайталанбайтын жалғыз шешімі берілген. Қалған жағдайларда есепті шешу шарты анықталған және жалғыз шешімі табылған. Біртекті емес бигармониялы теңдеулер ушін Дирихленің шеттік есебін қарастырылады және онда барлығы толықтай көрсетілген.

Зерттеу екі өлшемді жағдайда шектеледі және (бірдей белгілеулер қолданылады) кешенді турде белгіленеді.

Жоғарғы ретті дифференциалдық операторлар ушін іргелі шешімдерді төменгі ретті дифференциалдық операторларды интегралдау арқылы жузеге асырамыз. Тиісті шешу жолдары айқындалуы (анықталуы) керек. Іргелі шешімдерін ала отырып, шекералық шарттарына сай, тиісті турлендіру жасау керек. Дегенмен, жоғарғы ретті дифференциалдық операторлар ушін, қандай шекаралық шартты қолдану қажеттігі бірден айқын емес. Егер де факторланған дифференциалдық операторлар ушін және сәйкес шеттік есептері ушін әрбір итерациялық процесстердегі факторларға байланысты, және тиісті шекаралық шарттар қойылады. Би–Лаплас ушін классикалық (дәстурлі) Дирихле есебі

$$\omega = \gamma_0, \partial_\nu \omega = \gamma_1 \ on \ \partial D$$

мұндағы ∂_ν – регуляр (шектеулі тегіс) облыста сыртқа бағытталған нормаль туынды. Лаплас операторынан би–Лаплас операторы және Дирихле есебінен би-векторлы Дирихле есебі туындайды.

Алайда жүйе

$\omega_{z\bar{z}} = \omega \ D$ -да, $\omega = \gamma_0 \ \partial D$ -да

$\omega_{z\bar{z}} = f \ D$ -да, $\omega = \gamma_2 \ \partial D$ -да

Дирихленің бигармониялы есебі үшін жақсы баяндалған

$(\partial_z \partial_{\bar{z}})^2 \omega = f \ D$ -да, $\omega = \gamma_0, \omega_{z\bar{z}} = \gamma_2 \ \partial D$ - да.

Нейман және Робин шарттары арқылы есептің бірнеше тиісті шекті мәндері туындайды. Бигармониялы Грин функциясына қатысты оларды қарайды. Бұл есеп негізінен бастапқы мақсатпен сәйкес келмегендіктен ерекшеленеді.

Себебі, бұл ерекше жағдайларды қарап және жоғарғы жартыжазықтықтағы нақты жағдай үшін. Осы жұмыстың жартысы қол жетімді. Жоғарғы ретті Грин функциясы, яғни, полигармониялы Грин функциясын ортогональ декомпозициялары үшін $L_2(\mathbb{D};\mathbb{C})$ кеңістігінде пайдаланылады.

Гармониялы Грин функцияларын еске түсірейік.

Үш гармониялы Грин функциясы қол жетімді. Алғашқы қасиеті арқылы

- $G_1(\cdot,\zeta)$ гармониялы $D\setminus\{\zeta\}$ кез келген $\zeta\in D$ үшін
- $G_1(z,\zeta)+\log|\zeta-z|^2$ гармониялы $z\in D$ кез келген $\zeta\in D$ үшін
- $G_1(\cdot,\zeta)=0$ $\partial\mathbb{D}$-да кез келген $\zeta\in D$ үшін.

симметриялық функцияда $G_1(z,\zeta)=G_1(\zeta,z)$ сипатталады.

Ескерту. Сыртқы бағытталған $\partial_{\nu_z}G_1(z,\zeta)$ қалыпты туынды үшін $z\in\partial D,\zeta\in D$ – бұл - 2 Пуассон функциясының мәнін өзгерту болып табылады.

Екінші Грин функциясын Нейман функциясы деп те атайды және ол функция төмендегідей сипатталады

- $N_1(\cdot,\zeta)$ гармониялы $D\setminus\{\zeta\}$ кез келген $\zeta\in D$
- $N_1(z,\zeta)+\log|\zeta-z|^2$ гармониялы $z\in D$ кез келген $\zeta\in D$
- $\partial_{\nu_z}N_1(z,\zeta)=-2$ ∂D-да кез келген $\zeta\in D$.
- $\dfrac{1}{2\pi}\int\limits_{\partial D}N_1(z,\zeta)ds_z=0$ кез келген үшін $\zeta\in D.$

Бұл симметриялы функция $N_1(z,\zeta)=N_1(\zeta,z).$

Үшінші Грин функциясы бұл Робин функциясы. Нақты жағдайда мынадай нәтижиеге ие

- $R_1(\cdot,\zeta)$ гармониялы $D\setminus\{\zeta\}$ кез келген $\zeta\in D$
- $R_1(z,\zeta)+\log|\zeta-z|^2$ гармониялы $z\in D$ кез келген $\zeta\in D$
- $R_1(z,\zeta)+\partial_{\nu_z}R_1(z,\zeta)=0$ ∂D-да кез келген $\zeta\in D.$

Бұл функция $R_1(z,\zeta)=R_1(\zeta,z)$ симметриялы болуы мумкін.

Ескерту. Кейбір 1/2 функцияларда Лаплас операторы үшін Грин, Нейман, Робин функцияларын келесі турде қысқартып G, N, R жазылған. Бірлік дөңгелек D жағдайда

$$G_1(z,\zeta)=\log\left|\frac{1-z\bar{\zeta}}{\zeta-z}\right|^2$$

$$N_1(z,\zeta)=-\log|(1-z\zeta)(\zeta-z)|^2$$

$$R_1(z,\zeta)=\log\left|\frac{1-z\bar{z}}{\zeta-z}\right|^2-2\left[\frac{\log(1-z\bar{z})}{z\bar{z}}+\frac{\log(1-\bar{z}\zeta)}{\bar{z}\zeta}+1\right]$$

Осы Грин функциялары Дирихле есебімен тікелей байланысты.

Теорема 1. Дирихле есебі

$\omega_{z\bar{z}}=f$ $\mathbb{D}$ – да, $\omega=\gamma$ $\partial\mathbb{D}$ –да, $f\in L_1(\mathbb{D};\mathbb{C}),\gamma\in C(\partial\mathbb{D};\mathbb{C})$

бірмәнді шешімді. Шешімі

$$\omega(z)=-\frac{1}{4\pi i}\int_{\mathbb{D}}\partial_{\nu\zeta}G_1(z,\zeta)\gamma(\zeta)\frac{d\zeta}{\zeta}-\frac{1}{\pi}\int_{\mathbb{D}}G_1(z,\zeta)f(\zeta)d\xi d\eta\,.$$

Теорема 2. Нейман есебі

$\omega_{z\bar{z}} = f$ $\mathbb{D}$ – да, $\partial_\nu \omega = \gamma$ $\partial\mathbb{D}$ –да $\frac{1}{2\pi i}\int_{\partial\mathbb{D}} \omega(z)\frac{\partial z}{z} = c$

$f \in L_1(\mathbb{D};\mathbb{C})$, $\gamma \in C(\partial\mathbb{D};\mathbb{C}), c \in \mathbb{C}$

бірмәнді шешімді, сонда тек сонда ғана, егер

$\frac{1}{\pi}\int_{\partial\mathbb{D}} \gamma(\zeta)ds = \frac{2}{\pi}\int_{\mathbb{D}} f(\zeta)d\xi d\eta$ болса.

Шешімі

$w(z) = c + \frac{1}{4\pi i}\int_{\partial\mathbb{D}} N_1(z,\zeta)\gamma(\zeta)\frac{\partial\zeta}{\zeta} - \frac{1}{\pi}\int_{\mathbb{D}} N_1(z,\zeta)f(\zeta)\,\partial\xi\,\partial\eta.$

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1 Берс Л., Джон Ф., Шехтер М. Уравнения с частными производными. М.: Мир.1966.

2 Бицадзе А.В. Уравнения математической физики. М.: Наука. 1982.

3 Кальменов Т.Ш., Искакова У.А., Кошанов Б.Д. Структура спектра краевых задач для дифференциальных уравнений. Алматы, 2005.

4 Kalmenov T.Sh., Koshanov B.D., Nemchenko M.Y. Green function representation for the Dirichlet problem of the polyharmonic equation in a sphere // Complex variables and Elliptic equations. 2008. Vol. 53. №2. P. 177-183.

5 Кальменов Т.Ш., Кошанов Б.Д., Немченко М.Ю. Представление функции Грина задачи Дирихле для полигармонических уравнений в шаре // Доклады Российской Академии Наук. 2008. Т.421. №3. С. 305-307.

УДК 51:37.016
ГРНТИ 27.01.45

Р.А. Ильясова[1], Е.Ж. Бекболғанов[2]

[1] п.ғ.д., профессор, Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университетінің профессроы, Алматы қ., Қазақстан

[2] п.ғ.к., Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университетінің аға оқытушысы, Алматы қ., Қазақстан

ЖАЛПЫ БІЛІМ БЕРЕТІН МЕКТЕПТЕРДЕ ОҚУШЫЛАРДЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ САУАТТЫЛЫҒЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

Андатпа

Студенттердің функционалдық сауаттылығы - жалпы орта білім деңгейіндегі олардың білім деңгейін анықтау, білім беру іс-әрекетінде және одан тыс жерлерде тиімді әрекет етуге мүмкіндік беретін негізгі құзіреттіліктермен меңгеру деңгейін білдіру. Қазіргі заманғы әдістер мен технологияларды енгізу, білім беру сапасын арттыру - Қазақстанның дамуының кепілі. Бұл мақалада негізгі мектептегі оқушылардың математикалық сауаттылығын қалыптастыру мен бағалаудың әдістемелік және теориялық негіздері, әдістері мен принциптері қарастырылған. Студенттердің математикалық сауаттылығын дамыту мәселесі бойынша жаратылыстану циклінің пәндерін құрастыру технологиясы қарастырылады. Мақалада қазіргі білім беру жүйесіндегі «математикалық сауаттылықты» қалыптастыру мәселесі қарастырылған. Елімізді дамытудағы математика ғылымының маңызы мен рөлі анықталған. Сонымен бірге математикалық сауаттылықтың адамның сыртқы ортамен қарым - қатынасқа түсе алу қабілеті және сол ортаға барынша тез бейімделе алуы мен қарым - қатынас жасай алу деңгейінің көрсеткіші екені талданған.

Түйін сөздер: математикалық сауаттылық, құзыреттілік, сабақ, теория, тәжірибе, математика, оқушы, кластер.

Аннотация

Р.А. Ильясова[1], Е.Ж. Бекболганов[2]

[1] д.п.н., профессор Казахского государственного женского педагогического университета, г.Алматы, Казахстан

[2]к.п.н., старший преподаватель Казахского государственного женского педагогического университета, г.Алматы, Казахстан

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ГРАМОТНОСТИ В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХШКОЛАХ

Математическая грамотность учащихся - это определенный уровень образованности учащихся на уровне общего среднего образования, выражающий степень овладения учащимися ключевыми компетенциями,

позволяющий эффективно действовать в учебной деятельности и за ее пределами. Внедрение современных методов и технологии, повышения качества образования является гарантией развития Казахстана. В данномстатье рассмотрены методолого-теоретические основы, методы и принципы формирования и оценивания математической грамотности учащихся в основной школе. Рассмотрены технологии проектирования содержания предметов естественнонаучного цикла в вопросе развития математической грамотности учащихся. В статье рассматривается проблема математической грамотности в системе образования. Определена роль математики при развитии старны. А также функциональная грамотность анализируется как показатель уровня общений человека с внешней средой и быстрой адаптации его в этой среде.

Ключевые слова: математическая грамотность, компетентность, урок, теория, практика, математика, ученик, кластер.

Abstract

THEORETICAL FOUNDATIONS OF FORMATION OF MATHEMATICAL LITERACY IN THE GENERAL EDUCATION SCHOOLS

Ilyasova R.A. [1], Bekbolganov E.Zh. [2]

[1] Dr. Sci. (Pedagogic), Professor of the Kazakh State Women's Teacher TrainingUniversity, Almaty, Kazakhstan

[2] Cand. Sci. (Pedagogic), Senoir Lecturer of the Kazakh State Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan

Mathematical literacy of students is a certain level of education of students at the level of general secondary education, expressing the degree of mastering students with key competencies, which allows to effectively act in educational activities and beyond. The introduction of modern methods and technology, improving the quality of education is a guarantee of Kazakhstan's development. In this article, the methodological and theoretical bases, methods and principles of the formation and evaluation of the mathematical literacy of students in the main school are examined. The technology of designing the content of subjects of the natural science cycle in the development of mathematical literacy of students is considered. The article deals with the problem of mathematical literacy in the education system. The role of mathematics in the development of old age is defined. And also functional literacy is analyzed as an indicator of the level of human communication with the external environment and its rapid adaptation in this environment.

Key words: mathematical literacy, competence, lesson, theory, practice, mathematics, student, cluster.

Қазақстан Республикасының Президенті – ұлт көшбасшысы Нұрсұлтан Әбішұлы Назарбаев өзінің Қазақстан халқына арнаған «Қазақстан стратегиясы – 2050:» жолдауында «Қазіргі әлемде жай ғана жаппай сауаттылық жеткіліксіз болып қалғалы қашан. Біздің азаматтарымыз үнемі ең озық жабдықтармен және ең заманауи өндірістерде жұмыс жасау машығын меңгеруге дайын болуға тиіс.

Сондай-ақ балаларымыздың, жалпы барлық жеткіншек ұрпақтың функционалдық сауаттылығына да зор көңіл бөлу қажет. Балаларымыз қазіргі заманға бейімделген болуы үшін бұл аса маңызды».

Қазіргі таңда қоғамды дамыту үшін орта мектептің алдында тұрған негізгі міндеттердің бірі – оқушылардың шығармашылық қабілетін барынша ашып, толыққанды қоғам құруға өзінің бар мүмкіндігін жұмсайтын шығармашылық қабілетті жеке тұлға қалыптастыру. Сондықтан, математиканы оқытуда оқушыларға оқу материалын есте сақтауға емес, осы материалды шығармашылықпен қолдану шеберлігін қалыптастыруға көп көңіл бөлінеді

Оқушыларға математикалық мәдениет, ой-әрекетінің математикалық стилін қалыптастырудың негізгі жолы - әр түрлі математикалық есептерді шығару үрдісінде оқушылардың оқу әрекетін ұтымды, тиімді ұйымдастыру және басқару.

Осыған орай, нарықтық экономика дәуірінде жас ұрпаққа математиканың негізін меңгерту, білім беру мен тәрбиелеудің бірден-бір негізгі мәселесі болып табылады.

Елімізге аса қажетті білгір мамандардың, дарын иелерінің, өте талантты тұлғалардың дәріс алар алғашқы ұясы – мектеп. Өрендер мектеп қабырғасында өткен он бір жыл ішінде тиісті ғылым негіздерінен тиянақты біліммен қаруланады.

Болашақ ғалымдар – бүгінгі күннің оқушылары, ертеңгі өрелі ізденістерді бүгіннен бастап білуі керек.

Бұл мәселе біраз кешігіп қарастырылып отыр, индустриалды дамыған елдерде аталмыш мәселемен бала өз ойын жеткізе алатын кезден бастап айналысады. Бұл жерде педагогикалық теорияның адамды қоғамда өмір сүруге дайындайтын және «Білім және қоғам» мәселесін түсінуге мүмкіндік беретін әлеуметті – экономикалық ғылымнан алыстап кеткені үлкен рөл атқарды.

Әлеуметтік-экономикалық дамудың жаңа деңгейіне өту қоғамдағы барлық салалардың өзгерісіне алып келеді, яғни әлеуметтік қарым-қатынас сипаты, тілі, мәдениеті өзгереді. Ақпараттық қоғамда қалыптасқан түсініктер жаңа мағынамен толығады, көптеген құбылыстар жаңаша қабылданады. Нақтырақ айтқанда, «сауаттылық» түсінігінің мазмұны қоғам талабына сай қайта қарастырылып, нақтылануды қажет етеді.

«Сауаттылық» гректің grammata – оқу және жазу деген сөзінен шыққан. Тікелей аударғанда ол жаза білу және оқи алуды меңгеру деген мағына береді. Бірақ «сауаттылық» мағынасы қоғамның экономикалық және саяси даму кезеңдеріне, яғни қоғам талабына сай тұлғаның дамуына байланысты өзгеріп отырады. Бастапқы кезде оқи алу, содан кейін оқу және жазу, ал кейіннен санай алу енді және т.б. сауаттылық болып саналды.

«Сауаттылық» түсінігі қоғам талабына сай тұлғаның білім деңгейінің өзгеруімен анықталып отырады. Бірнеше ғасырлар бойы, тіпті XIX ғасырдың соңына дейін оқи білетін және жаза алатын адамды сауатты деп санайтын, ал тек оқи алатын адамды жартылай сауатты деп атады. Бұл атау В.И.Дальдің сөздігінде көрініс тапты. Мұндай көзқарас ұзақ уақыт бойы сақталды: XX ғасырдың 80 жылдарына дейін жаза білу және оқи алу сауаттылық болып қабылданды. Орыс тілі сөздігі, педагогикалық анықтамалықтар, энциклопедиалық сөздіктерде сауаттылықтың терминінің мағынасы бірдей – оқу мен жазу іскерлігіне сәйкес ана тілінің заңдары мен ережелерін белгілі бір дәрежеде меңгеру.

XX ғасырдың 80 жылдарының соңында «сауаттылық» түсінігі кеңи түсті. 1987 жылы С.И.Ожеговтың сөздігінде «сауатты» сын есімін төмендегідей талдайды: «1. Оқи және жаза алатын, сонымен бірге грамматикалық тұрғыда қатесіз, дұрыс жаза алатын. 2. Қандай да бір сала бойынша ақпаратты, қажетті білімді меңгерген. 3. Істі білетін, қатесіз орындайтын». Екі онжылдықтан кейін қазіргі орыс тіліндегі «сауаттылық» терминіне ұқсас мағына С.И.Ожегов пен Н.Ю.Шведованың сөздігінде де (2006 ж., 4 басылым) берілген.

Педагогикалық ғылымда «функционалдық сауаттылық/сауатсыздық» түсінігі салыстырмалы түрде қарастырғанда жаңа болып табылады. Ол 60-жылдардың соңында дамыған елдерде халықаралық мәселе ретінде ЮНЕСКО (**U**nited **N**ations **E**ducational, **S**cientific and **C**ultural **O**rganization — *UNESCO*— Біріккен Ұлттар ҰйымыныңБілім, Ғылымжәне Мәдениет жөніндегіұйымы)құжаттарында талқыланып қарастырылды.

Халықаралық тәжірибеде «сауатттылық» түсінігінің анықтамасы, оның құрылымы және сипаттамасы XX ғасырдың ортасынан бастап статистика бойынша өткізілген жиналыстарда және халық санағы жоспарламаларында қарастырылған. ЮНЕСКО–ның басты конференциясы (XX сессия, Париж, 1958 ж.) барлық елдерге халық санағын өткізген кезде оқығанын түсіне алатын және өзінің күнделікті өмірі туралы қысқа мазмұндама жаза алатын адамдарды сауатты деп санау керек екенін ұсынды. Ал тек оқи алатын адам жартылай сауатты болып саналады [6, 227 б].

1960 жылдардың басында ЮНЕСКО «өз өміріне қатысты қарапайым және қысқа хабарламаларды түсініп оқи алатын және жаза білетін адамды» сауатты деп есептеді.

XX ғасырдың ортасынан бастап сауаттылық мәселесі халықаралық ұйымдар назарына ілікті. 1990 жыл ЮНЕСКОұсынысы бойынша Халықаралық сауаттылық жылы болып жарияланды, БҰҰ 2003-2012 жылдарды «Сауаттылық онжылдығы» деп жариялады.

Сауаттылық мәселесіне жаңаша қарауды қажет ететін әлеуметтік өзгерістер негізгі екі түрге бөлінеді, олар:

- қандай да бір білім ошақтары қызметінің модернизациясына сәйкес жедел реакциясын талап ететін қоғамдық өмірдің жекелеген тұстарындағы күнделікті өзгерістер;

- мәдени-тарихи үрдістердегі ғаламдық тұрақты бағыттар, яғни ұзақ мерзімді білім стратегиясына қажетті, барлық білім құрылымдарын келісімді түрде реформалау.

Біздің еліміздегі қазіргі әлеуметтік жағдайда экономикадағы нарықтық қатынастың құрылуы және әлеуметтік-саяси саладағы паралменттік демократия қағидаларының бектілуі; екіншіден – өткеннен бастау алатын, қазіргі жағдайда болып жатқан және болашақты болжайтын қолғамдық дамудың ғаламдық бағыты.

Қазіргі жағдайда сауаттылық мәселесін көтеруге төрт фактор себеп болып отыр. Олар:

а) қоғамдық өмірдің жалпы және жан-жақты күрделенуі;

б) оның негізгі үрдістерінің жаңа мазмұны және олардың өзара байланысының жаңа сипаттамасы;

в) осы негізде қоғамдық тұлға іс-әрекеті түрлерінің кеңейуі;

г) бұрын меңгерілген құзыреттіліктің тез арада жарамсыздануы, оның қызмет ету мерзімінің қысқаруы.

Адамның қойған мақсатымен сәйкес келетін нәтижеге жету қабілеті сауаттылықты көрсетеді. Ол білім алу кезінде қалыптастады және сол алған білім нәтижесі болып табылады. Білім алу үрдісінің басқа екі жағы, яғни тәрбие мен даму сауаттылық мәселесіне тікелей қатысты емес. Дегенмен, олар болмаса нәтижелі іс-әрекеттің болмауы да мүмкін.

Қазіргі таңда адам қызметінің көп салалы болуы сауаттылық түрінің де көп екендігін көрсетеді. Қоғамда тұлғаның негізгі іс-әрекеті мына салаларда іске асырылады, олар: экономикалық, әлеуметтік, саяси, мәдени салалар. Бұл аталған салалардың әрқайсысы белгілі бір дайындықты, жоғары деңгейдегі сауаттылықты талап етеді.

Сауаттылықтың толық мағынасын беретін жалпы анықтамасы әлі тұжырымдалмаған. Оның бірнеше себебі бар. Мысалы, педагогика ғылымымен байланысты салалар әлі күнге дейін қарапайым сауаттылық мәселесімен жұмыс жасауда десек те болады, себебі әлемде 1 млрд адам оқи да, жаза да алмайды. Сауаттылықтың жалпы анықтамасы мен оның тәжірибеде қажеттілігіне күмән келтіретіндер де бар. Оның соңғысы әлемдік дамудың біркелкі болмауын алға тартады, яғни әртүрлі деңгейде дамыған елдерде сауаттылықтың ұлттық сатндарты бойынша біркелкі түсінік қалыптаспаған.

«Сауаттылық» категориясы білім саласының мақсаты оқу мен жазуды үйрету болған кезден бастап туындаған. Бірақ сол кездің өзінде оқу бағдарламасы арифметиканың төрт амалын орындауды меңгертуді қарастырған, ал ол сауаттылықпен еш байланыстырылмаған.

Жалпы айтқанда, сауаттылық мәселесі адамның табиғи және жасанды тілді меңгеруі арқылы құбылысты, табиғи/табиғи емес шынайылықты тануын қарастырады. Бұл тұрғыда сауаттылық адамға өзін қоршаған ортаны түсінуге мүмкіндік береді, сонымен бірге жеке өзінің және жалпы басқалардың да жетістікке жетуіне жағдай жасайды. Ол ана тілін меңгеру десек те болады. Бұл түсінік өте кең мағыналы – ол гуманитарлық және техникалық, қоғамдық және жаратылыстану ғылымдарын кешенді түрде меңгеруге мүмкіндік береді. Мұндай мақсатқа жету жұмыстарын білім жүйесі ғана атқара алады.

Сонымен сауаттылық дегеніміз адамның объективті логикаға сәйкес жасалатын іс-әрекетінің көрінісі болып табылады. Бұл анықтама сауаттылыққа әмбебап сипаттама береді, яғни оның түрлерінің жалпы белгілерін бейнелейді, оның ішіне оқи және жаза алу қабілеті де кіреді. Бұл жерде тілдік мәдениетті құрудағы, жүргізудегі және дамытудағы объективті заңдылықтарға жету үрдісіндегі белгілі бір ережелерге байланысты қалыптасқан қабілет қарастырылған.

Сауаттылық деңгейі туралы мәселе педагогикалық терорияда да, тәжірибеде де өзекті мәселе болып табылады: оның шешімі табылмайынша білім жүйесінің мақсатында анықтық болмайды. Аталған жағдайды өзекті мәселе ретінде қарастырмаған кез келген білім тұжырымдамасы тығырыққа тіреледі.

Сауаттылықтың деңгейлерін талқылау барысында келесі кезеңдерді ұсынуға болады, олар: а) қарапайым немесе бастапқы сауаттылық - оқи алу, жаза алу, сонымен бірге арифметиканың төрт амалы арқылы есеп жүргізу, яғни әлеуметтік қызметтің қарапайым түрлеріне қатыса алу; б) базалық жалпы мәдениеттік сауаттылық – кәсіби немесе қандай да бір іс-әрекеттің теориялық негізін, сонымен бірге адам, қоғам және табиғат туралы ғылым мен білім негізін меңгеру мүмкіндігін қамтамасыз етеді; в) функционалдық немесе тәжірибеге бағытталған сауаттылық – қазіргі заманғы түрлі іс-әрекеттерді терең түсінуге және қатысуға, өткеннен үлгі алып, қазіргі озық педагогикалық тәжірибелерді меңгеруге мүмкіндік береді; г) шығармашылық сауаттылық – жаңаны құра білу, өз тәжірибесін жетілдіре алу.

«Сауаттылық» түсінігінің маңызы тұлғаның білім деңгейіне қойылатын талаптардың тарихи жағдайға икемделуіне байланысты өзгеріп отырады. Сонымен, сауаттылық түсінігінің нақты мазмұны тұлғаның дамуына қоғам талабының өсуіне қарай өзгеріп отырады, мысалы: қарапайым оқу, жазу, санау және т.с.с, қоғамға қажетті білім мен біліктілік деңгейін меңгеруге дейін. Сауатсыздық мәселесі жаңа өлшемдерді қабылдады және ол географиялық тұрғыдада кеңи бастады.

Білім беруде ең өзекті мәселелердің бірі – мазмұнды оқулықтың болуы және оқу құралдары мен оқыту әдістерінің барлық жүйесінің жетілдірілуі. Мәселен, математика оқулықтарының ең басты ерекшелігі - дамыта оқытудың мүмкін технологияларының бір нұсқасының оқулықтың өзінде жасалып берілген. Демек онда келтірілген әр алуан және әр түрлі деңгейдегі жаттығулар (яғни

түсіндірме мәтіндер, сюжеттік суреттер, тапсырмалар) сабақта қарастырылуы тиіс. Соның барысында оқушы мен мұғалімнің бірлескен іс-әрекеті ұйымдастырылады.

Математика сабағындағы негізгі сауаттылыққа тоқталайық:

1.Математика – ғылым болмысынан балама ұғымдар. Сондықтан да математика барлық ғылымдардың логикалық негізі – күре тамыры ретінде қарастырылады.

2. Математика ең алдымен оқушылардың дұрыс ойлау мәдениетін қалыптастырады, дамытады және оны шыңдай түседі.

3. «Математикалық сауаттылық» ауызша жазбаша қабілеттерін қалыптастыру арқылы оқушының «математикалық сауаттылықты» меңгере білу қабілетін шыңдайды.

4.Математика әлемде болып жатқан түрлі құбылысты, жаңалықты дұрыс қабылдап, түсінуге көмектеседі.

5. Математика болашақ тұлғаны моральдық, эстетикалық және этикалық тұрғыдан қалыптастыруда да тәрбиелік мәні бар.

Математикалық сауаттылық сөйлеу және жазу мәдениетіне қоршаған ортаны және олардың заңдылықтарын баяндау, оны оқып, үйренудің ғылыми бейнесін меңгерудегі басты құралы ретінде ерекше көңіл бөлу қажет. Математикалық сауаттылық оқушылардың математикалық текстi оқуына, жазуына және қайта айтып беруіне жазылғандар мен айтылғандарды түсіне білуіне ең минимальды талап ретінде қарау қажет. Сонымен математикалық біліктіліктердің негізгі құрамдас, толыққанды тіршілік жасауға қажеттілік ретінде оны арнайы бағдарлы түрде дамытып, қалыптастыру керек.

Қазіргі уақыт ұстаздан жаңа әдісті, шығармашылық ізденісті талап етеді. Мұғалімнің негізгі міндеті-оқушыларға терең де, тиянақты білім беру.

Білім беру мазмұны жаңартылған сайын, әрбір пәнді оқытудың өзіндік ерекшеліктері туындауда. Бүгінгі таңда білім беру жүйесін жаңалауды іске асырудың қажеттілігі күн санап арта түсуде.

PISA зерттеудегі математикалық тапсырмалар нақты өмірлік мәселелерге жақын, қоршаған өмірдің түрлі аспектілермен байланысты және өз шешімдері үшін математикалық талдауды талап ететін мәліметтер ұсынылады. Сонымен PISA зерттеуінде оқушылардың күнделікті өмірде туындайтын көптеген мәселелерді шешу үшін алған біліміндерін өмірде қолдана білуге жетісу. Осындай сапалық сипаты тұрғысынан қарағанда функционалдық сауаттылық жеке адамды дамытудың тетігі ретінде қолданылады. Сондықтан теория мен практиканың байланыста болуын қамтамасыз ету үшін әрбір пән бойынша берілетін білімнің мазмұны мен көлемін анықтағанда теориялық қағидалардың, заңдылықтар мен ережелердің, яғни ұғымдық-ақпараттық материалдардың бала өмірінде кездесетін түрлі проблемалық мәселелерді шешуге көмегі тиетіндей, бала оны қолдана алатындай практикалық маңызы ескерілуі тиіс. Сондай-ақ оқушылардың оқу материалын тек жаттап қана алмай, оның мән-мағынасын терең түсінуін қамтамасыз ету міндетті болып саналады.

Пайдаланған әдебиеттер тізімі

1 Н.Ә.Назарбаев. Әлеуметтік-экономикалық жаңғырту - Қазақстан дамуының басты бағыты. - 2012 ж. «Ана тілі» газеті, № 5. – 7-8 бет.

2 ЮНЕСКО. Акты Генеральной конференции/20-я сессия – Париж, 1978 – т.1.Резолюция. Приложение 1. – Париж, 1979 – с.19.

3 Даль В.И. Толковый словарь живого великорусского языка [Текст]: в 4-х т. – М., 1978 – Т1 – 390 с.

4 Ожегов С.И. Толковый словарь русского языка [Текст] – М., 1987 -960с.

5 Крупник С.А. Функциональная грамотность в системе образования Белоруси/ С.А.Крупник, В.В.Мацкевич – Минск: Акад.последипл.образования, 2003 – 125 с.

УДК 51:37.016
ГРНТИ 27.01.45

Р.А. Ильясова[1], Е.Ж. Бекболғанов[2]

[1] п.ғ.д., профессор, Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университетінің профессроы, Алматы қ., Қазақстан
[2] п.ғ.к., Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университетінің аға оқытушысы, Алматы қ., Қазақстан

ҚАЗІРГІ МАТЕМИАТИКАЛЫҚ БІЛІМ БЕРУДЕГІ ЖАҢАШЫЛДЫҚ – ЖАҢА ӘДІСТЕМЕЛІК ТЕХНОЛОГИЯ

Андатпа

Инновациялар мен дәстүр - жалпы мәдениет, білім және қоғамның дамуының екі жағы. Бұрынғы кезде отандық педагогикалық әдебиетте «инновация», «инновациялық процесс» терминдері қолданылмаған. Бүгінде жағдай өзгеше. Дегенмен, осы терминдердің мазмұнын түрлі жұмыстарда түсіндіру айтарлықтай айырмашылықтарға ие болса да, олар қазірдің өзінде кеңінен қолданылады. Мақала заманауи педагогикалық технологияларды қолданудың мүмкіндіктерін зерттеуге, олардың кәсіптік білім беруде білікті мамандарды даярлаудағы рөліне арналған. Мұнда қазіргі заманғы технологиялар білім беру үдерісінде қарастырылады, педагогикалық технологиялардың маңыздылығы көрсетіледі. Мақалада қазіргі заманғы оқу үрдісінде жаңа технологияларды қолдану қарастырылады. Жаңа педагогикалық технологияларды қолдану, сонымен бірге осы мақалада оқушылардың оқу сапасын жақсартуға мүмкіндік беретін мәселелер қамтылған. Сондай-ақ педагогикалық технологияның артықшылықтары да көрсетіледі.

Түйін сөздер: технология, педагогика, жүйе, оқушы, инновация, мектеп, сабақ, білім стандарты, дидактика.

Аннотация

Р.А. Ильясова[1], Е.Ж. Бекболганов[2]
[1] д.п.н., профессор Казахского государственного женского педагогического университета, г.Алматы, Казахстан
[2]к.п.н., старший преподаватель Казахского государственного женского педагогического университета, г.Алматы, Казахстан

НОВАТОРСТВО В МАТЕМАТИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ – НОВЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Новаторство и традиции — две стороны развития культуры, образования и всего общества в целом. Еще сравнительно недавно термины «инновация», «инновационный процесс» в отечественной педагогической литературе почти не употреблялись. Сегодня ситуация иная. И хотя трактовка содержания этих терминов в разных работах имеет существенные отличия, они уже используются весьма широко. Статья посвящена изучению возможностей применения современных педагогических технологий, их роли в подготовке компетентных специалистов в профессиональном образовании. Здесь рассмотрены современные технологии в образовательном процессе, показана значимость педагогических технологий. В статье рассматривается использование новых технологий в современном учебном процессе. Использование новых педагогических технологий позволяет улучшить качество обучения, и развития обучаемого, освещенного в данной статье. А так же показаны преимущества педагогических технологий.

Ключевые слова:технология, педагогика, система, ученик, инновация, школа, урок, стандарт образования, дидактика.

Abstract

INNOVATION IN MATHEMATICAL EDUCATION - NEW METHODOLOGICAL TECHNOLOGIES

Ilyasova R.A. [1], Bekbolganov E.Zh. [2]
[1] Dr. Sci. (Pedagogic), Professor of the Kazakh State Women's Teacher TrainingUniversity, Almaty, Kazakhstan
[2] Cand. Sci. (Pedagogic), Senoir Lecturer of the Kazakh State Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan

An innovation and traditions are two sides of development of culture, education and all society on the whole. Yet comparatively recently terms "innovation", "innovative process" in home pedagogical literature almost not used. Today situation another. And although interpretation of maintenance of these terms in different works has substantial

differences, they are already used very widely. The article is sanctified to the study of possibilities of application of modern pedagogical technologies, their roles in preparation of competent specialists in trade education. Modern technologies are here considered in an educational process, meaningfulness of pedagogical technologies is shown. In the article the use of NT is examined in a modern educational process. The use of pedagogical NT allows to improve quality of educating, and the development taught, lighted up in this article. And advantages of pedagogical technologies are similarly shown.

Key words: technology, education system, student, innovation, school, class, standard of education, didactics.

Бүгінгі таңдағы оқу орындарындағы алдында тұрған мәселе білім алушыларды дамыта оқыту, яғни білім алушыны оқу әрекетіне қалыптастыру, олардың оқуға ынтасын ояту, қызығушылығын арттыру. Сондықтан, оқытушының алға қойған маңызды міндетінің бірі – талабы таудай жеке тұлғаны іздеп табу, оны өсіру. Әр білім алушының қабілетін танып біліп, дамытып, адам дәрежесіне жеткізу үшін жаңашыл жұмысқа бет бұру керек.

Қазіргі педагогика теориясына елеулі өзгерістер еніп, жаңа көзқарастар пайда болды. Әрі білім беру құрылымында жаңа технология өмірге келді.

Осы заманғы білім беру жүйесінсіз әрі алысты барлап, кең ауқымды ойлай білетін осы заманғы оқытушыларсыз инновациялық экономика құра алмайтындығымыз жайлы еліміздің президенті Н.Ә.Назарбаевтың Жолдауында ерекше аталып өтіліп, Қазақстанның бәсекеге қабілеттілігін қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін, экономикалық және қоғамдық жаңару қажеттіліктеріне сай білім керектігіне назар аударылған болатын [1]. Ал бәсекеге қабілетті елдің әрбір азаматы бәсекеге қабілетті болуы тиіс деп есептеймін.

«Технология дегеніміз қандай да болсын істегі, шеберлікті, өнердегі адамдардың, ал педагогикалық технология педагогикалық мақсатқа қол жетудегі қолданылатын барлық қисында ілім амалдарымен әдістемелік құралдардың жүйелі жиынтығы»- деп түсіндіреді В.Кларин [2].

Педагогикалық технология тәжірибеде жүзеге асатын педагогикалық жүйенің жобасы.

Ал педагогикалық жүйе – дара тұлғаны қалыптастыруға бағыт алған белгілі бір мақсатқа жету жолындағы арнайы педагогикалық ықпалды ұйымдастыруға қажетті өлшем, байланысқан әдістердің, құралдардың жиынтығы. Олай болса, дәл қазір бізге осы педагогикалық технологияны дамыту үшін, оны тәжірибеде пайдалану қажет болады.

Педагогикалық жүйенің табысты жүзеге асуы үшін оны құрайтын барлық нәрселердің тыңғылықты ойластырылуы қажет.

Кез келген педагогикалық технология педагогикалық ғылым мен іс - тәжірибе жетістіктерінің жиынтығынан, бұрынғы тәжірибенің дәстүрлі түрлерін қосатын және қоғамның дамуы, демократизациялау нәтижесінде пайда болған нәрселерден тұрады.

Бірдей технология түрлі орындаушының қолында әр кезде басқа болып көрінеді.

Бұл жерде ұстаздың педагогикалық шеберлігіне жеке тұлғалық қасиеттеріне, білім алушылардың ерекшеліктеріне, олардың жалпы көңіл-күйіне, топтағы психологиялық ақуалға көңіл бөлу керек. Бір технологияны қолданған әр түрлі педагогтардың жеткен нәтижесі де әртүрлі болады, бірақ осы технология көрсететін орташа көрсеткішке жақын болады.

Яғни, педагогикалық технология жеке тұлғаның қасиеттерімен орташаланады,бірақ онымен анықталмайды.

«Педагогикалық технология» деген түсінік «оқыту әдісінен» кеңірек болып табылады.

Технология - оқыту мақсатына осы жүйенің меңгерілуіне қалай жету керек деген сұраққа жауап береді. Технология – алдын ала жоспарланған жүйені тиімді іске асыруға бағытталған іс - әрекеттердің барысы және оның нәтижесіндегі көрсеткіші.

Дидактикалық бірліктерді ірілендіру деп аталатын математи- калық білім технологиясы 1964-1996 жылдар арасында академик П. М. Эрдинестің жетекшілігімен жүргізілген теориялық және тәжірибелік ізденістердің, практикалық, жұмыстың нәтижесінде өмірге келді. П. М. Эрдниев «дидактикалық бірліктер» деген ұғымды осыдан 20 жыл бұрын енгізген. Автор оқу материалынан кіші көлемде берілетін ақпаратты алып тастамай, тек олардың құрылымын өзгертіп, ірілендіріп беруді ұсынады. Бұл жағдайда материал терең меңгеріліп, ойлауға, дамуға өріс ашылады.

Академиктер В. Журавлев, А. Маркушевич, т.б. бұл технологияның тиімділігін атап өтіп, «ғасыр идеясы» деп таныған. Жоғарыда аталған ғалымдардың ой-пікірлерімен келісе отырып, оқушының ақыл-ойының дамуы, математикалық ой-өрісінің кеңеюі, танымдық қабілеттерінің дамуы дәл осы әдістемені қолдану барысында жеделдейтіндігін өмір көрсетіп отыр деуге болады. Оқушының

білімінің сапасына әсер ететін факторлардың бірі оқулық болса, ондағы жаттығулардың мәні, мағынасы, мүмкіндіктерінің рөлі зор.

Бүгін де дидактикалық бірліктерді ірілендіру жаңашылдық технология ретінде әр түрлі аймақтарда кеңінен қолданылуда. Мысалы: Калмыкия республикасының барлық мектептерінің, Екатеринбург, Самара, Хабаровск, Братек, т.б. қалаларының тәжірибесіне енген. Республикамызда 1997 жылдан бері енгізіліп жатқан профессор Т. Қ. Оспановтың жетекшілігімен жазылған «Математика» оқу- лықтары осы теорияға негізделген. Сондықтан оқушының жеке басын дамытуға бағытталған бұл әдістемемен бүкіл бастауыш мектеп мұғалімдері жұмыс істеуде деп толық айтуға мүмкіндік бар.

Дидактикалық бірліктерді ірілендіру әдістемесін жүзеге асырудың басты қағидалары төмендегідей:

1. Қарама-қарсы ұғымдарды, әрі өзара байланысты операция- ларды қатар оқыту.
2. Тура есепке кері есеп ойлап табу, шығаруды кеңінен қолдану.
3. Деформацияланған жаттығуларды пайдалану.
4. Өз бетінше, шығармашылыққа берілетін тапсырмалардың үлес салмағының артуы. Осы қағидалардың әрқайсысына жеке тоқталып, олардың оқушыны ойлауға үйретететін мүмкіндіктерін аша түсейік.

Оқыту практикасы «қосу мен азайту», «көбейту мен бөлу» бұрынғыдай төрт бөлек тақырып етіліп өтілмей қатар ұсынылудың тиімділігін көрсетіп отыр. Біріншіден, бұл арқылы оқу уақыты 20% дейін үнемделеді. Ал үнемделген уақыт білімді тереңдетуге өте қажет. Екіншіден, ойлау операциялары арқылы баланың дамуы жеделдейді. Оқытудың гумандық, ізгіліктілік принциптерінс сәйкес оқушы мен мұғалім арасында жаңаша қарым-қатынас қалыптасады. Мысалы: Бірліктер түріндегі төрт аралық операцияны пайымдау арқылы шешу ойлау әрекетінің ішкі потенциалды резервтерін ашуға көмектеседі.

Математикалық әдебиеттерден мынадай ережені көп кездестіруге болады. «Математикадағы басты нәрсе-ұғымдарды ой елегінен қайта өткізе білу». Кез келген тура есепті кері есепке айналдыруда бір сан екі рөлде болады. Бірінші жағдайда екі санның қосындысы, көбейтіндісі түрінде болса, екінші жағдайда айырма не бөлінді қызметін атқарады. Жаңа буын оқулықтарында бес түрлі: қосындыны табуға, қалдықты, бірнеше бірлікке артық, не кем санды табуға, айырмалық салыстыруға берілетін есептердің кейбіріне кері болып табылатын 310 311 есеп ретінде белгісіз қосылғышты, азайғышты, азайтқышты табуға байланысты есептер 1-сыныптан бастап-ақ енген. «Кері есеп» ұғымы алғаш көрнекіліктер арқылы түсіндірілуі тиімді. Мысалы: столға 5 кітап қойып, оның жанына портфельді орналастырған соң, мына есеп айтылады. Столда 5 кітап бар, ал портфельдегі кітаптардың 3-еуі артық. Портфельде қанша кітап бар? Бұдан соң: не белгілі, не белгісіз, артық па, кем бе екенін анықтауға арналған сұрақтар беріліп, жауаптар алынады. Есеп шығарылады. Кері есепке көшер алдында, столдағы кітаптардыалып тастап, балалар, портфельде 8 кітап бар, ал столдағы кітаптың одан 3-еуі кем. Столда неше кітап бар? Есеп шығарылған соң, алдынғы есепте не белгілі болды, нені таптық, ал соңғыда ше? деген сұрақтарға жауаптар алынады. Белгісізді бірінші жағдайда қандай амалмен тапқанымызды анықтаймыз. Содан кейін ғана «кері есеп» ұғымы енгізіледі.

Педагогикалық технологияны жоспарлау педагогикалық технологияның нақты шарттарын таңдау болып табылады.

Ол тұлғаның жеке ерекшеліктерін зерттеуді және білім алушылардың жас ерекшеліктеріне сәйкес келетін іс - қимылды, сондай - ақ олардың дайындығының шарттарын таңдауды талап етеді.

Қазіргі заман талабына сай білім беру - бұл қоғам мүшелерінің адамгершілік, интеллектуалдық, мәдени дамуының жоғары деңгейлік және кәсіби біліктілігін қамтамасыз етуге бағытталған тәрбие беру мен оқытудың үздіксіз үрдісі екендігі белгілі.

Осы орайда білім алушылардың танымдық қабілетін дамыту, білім сапасын арттырумен қатар ақыл - ой шығармашылық белсенділіктерін жетілдіру үшін жеке пәндерді оқытудың тиімді әдістері мен тәсілдерін іздестіру, қазіргі білім беру саласының алдындағы өзекті мәселелердің бірі болып отыр.

«Біз өзіміздің болашағымызды, жеке балаларымыздың болшағын қандай күйде көргіміз келеді осыны айқындап алатын уақыт жетті», - деп көрсетілген Елбасы Н.Ә.Назарбаевтың 2030 жылға арналған стратегиялық бағдарламасында [1]. Сондықтан еліміздегі ұлттық қоғамды кемелдендіру ел болашағы - жас ұрпақты жаңа инновациялық әдісте рухтық тәлім және білім негіздерімен қаруландырып, қалыптастыру қажет. Білім мен тәрбие ажырамас егіз ұғым.

Ұлы данышпан Әл-Фараби «Тәрбиесіз берген білімнің күні қараң», - деген сөзі осынын дәлелдесе керек. сондықтан бүгінгі ұрпақтарға, білім - ғылым нәрін берумен қатар, өз халқымыздың тағылым қағидаларын жеке тұрғыда үйретіп, игерудің маңызы зор. Себебі, бүгінгі бала ертеңгі ата - ана, бала тәрбиелеуші, халық өкілі, ел намысын қорғаушы, ата - бабалардың ісін жалғастырушы мәңгілік күш, сол себепті еліміздің оқу орындарында бұл мәселені жолға қою, яғни егеменді елімізге қазақ қоғамын қалыптастыру – басты міндет болып табылады.

Мемлекеттік білім стандарты деңгейінде оқыту үрдісін ұйымдастыру жаңа педагогикалық технологияның түрін, қолдану ерекшелігін ендіруді міндеттеп отыр. Ал инновация дегеніміз - белгілі бір жүйедегі ішкі өзгерістер болып табылады. Педагогикалық инновация дегеніміз- педагогикалық жүйедегі жаңашылдық.

Сабақ - оқытуды ұйымдастырудың негізгі түрі. Демек, әрбір сабақ - оқу үрдісіндегі шешуші буын, сондықтан ол - оқытуды жетілдіру, қажетті түрлендірулер мен мақсатты нәтижеге жетуді ойластыратын орталық, сонымен бірге жоғары шеберлікті үнемі қажет ететін, дамуды керек ететін, даму үстіндегі сапалы оқуды іздестіретін үрдіс. Осыған орай, оқыту барысында әр түрлі педагогикалық технологиялары жасалып, мектеп практикасына енгізілуде, олар:

- Іскерлік ойын технологиясы;
- Проблемалық және интеграциялап оқыту;
- Шаталовтың қарқынды оқытуы;
- Дьяченконың ұжымдық технологиясы;
- Эрдниевтің блоктап оқытуы;
- Деңгейлеп оқыту;
- Модульдеп оқыту;
- Дамыта оқыту технологиясы және т.б.

Сабақта қолданылатын ойындар - топта жүргізілетін жұмыстардың ең қызықтысы. Ойынның қандайда түрі болмасын өзіне тартады топтағы білім алушылардың ойлау қабілеттері бірдей болмайды. Сондықтан да әр топтағы білім алушылардың жас ерекшеліктеріне қарай және білім деңгейіне сай сабақтың түрін тауып, сол тақырыптарды игеруді мақсат ету керек. Бұған білім алушылардың қызығушылығын арттырудың бір - көзі ойын элементтерін қолдану болып табылады. Бұл айтып отырған мәселе оқушылардың ойлау қабілеттерін арттырады. «Ойын дегеніміз ұшқын, білімге құштарлық пен еліктеудің маздап жанар оты», - деп В.Ф.Сухомлинский айтқанындай, ойын ақылды, ойды, тапқырды алғырлықты дамытады [3].

Сабақта ойын элементтерін пайдалану білім алушылардың ой - өрісін, танымдылық белсенділігін арттырады. Теорияны тәжірибемен ұштасшытруға жол ашады. Алайда ойынды үнемі оқу үрдісінде қолдануға, ұзақ уақыт созуға болмайды. Ойын белгілі бір уақытта жүзеге асырылып, сабақ кездерінде нұқсан келтірмейтіндей жымдасып жатуы тиіс.

Ж.Қараев оқушылардың оқу материалын меңгеру деңгейін 4 түрге бөліп қарастырады:

1. Репродуктивті деңгей. Жалпыға бірдей стандартты білім негізіндегі тапсырмалар беріледі. Мұнда тапсырмалар білім алушылардың алдыңғы сабақта алған білімдеріне және оқулықта бар мәселелерге байланысты құрылады.

2. Алгоритмдік деңгей. Мұнда білім алушылар оқытушылардың түсіндіруімен қабылдаған жаңа ақпаратты пайдалана отырып, тапсырманы орындайды.

3. Эвристикалық деңгей. Білім алушы өзі ізденіп, қосымша әдебиеттерді пайдалана отырып, жауап береді. Бұл тапсырманы орындауда білім алушының ой белсенділігі негізгі қызмет атқарады.

4. Шығармашылық деңгей. Білім алушы өзіндік дағдысын, білім сапасының дамуын қамтамасыз етеді. Білім алушылар жаңа тақырыпты шығармашылық ізденіс үстінде өздігінен меңгеруі қажет [4].

Бұл әдісті сабақта қайталау, қорытындылау, жинақтау сабақтарында тиімді қолдануға болады. Әсіресе, білім алушының сабаққа деген қызығушылығын арттырумен құнды деп есептейміз. Білім алушылар тапсырмаларды орындау барысында өзара бәсекелесе отырып жұмыс істейді.

Ахмет Байтұрсынұлы өзінің «Мектеп керектері» деген еңбегінде былай деп жазған: «...мұғалім қандай болса, мектеп һәм сондай болмақшы. Яғни, мұғалім білімді болса, білген білімін басқаға үйрете білетін болса, ол мектептен балалар көбірек білім біліп шығады. Солай болған соң, ең әуелі, мектепке керегі - білімді педагогика, методикадан хабардар, оқыта білетін мұғалім».

Педагогикалық технологияның негізі болып педагогикалық, психологиялық және әлеуметтік ғылым жетістіктері, сонымен қатар алдыңғы қатарлы педагогикалы тәжірибеде, халықтық педагогикада, отандық және шетелдік педагогиканың озық тәжірибесінің жиыны болып табылады.

Қазіргі білім орасына оқыту мен тәрбиенің соңғы тәсілдерін игерген, нақты тәжірибелік іс - әрекет үстінде өзіндік даңғыл жол салуға икемді, шығармашыл педагог - зерттеуші, сондай - ақ интегративті ойлауға қабілетті ойшыл оқытушы қажет.

Сонымен, педагогикалық технология оқытудың ұтымды жолдарын зерттейтін ғылым ретінде жұмыс істейді және оқуда қолданылатын тәсілдер жүйесі ретінде, оқытудың шынайы үрдісі ретінде де қарастырылады.

Пайдаланған әдебиеттер:

1 Қазақстан Республикасының Президенті Н.Ә.Назарбаевтың Қазақстан халқына Жолдауы. 2010 жылғы 29 қаңтар.

2 Кларин М.В. Инновационные модели обучения в зарубежных педагогических поисках. М., 2004, 8-бет.

3 Сухомлинский В.А. Разговор с молодым директором / В.А. Сухомлинский // Избр. педагог. соч.: в 3 т. – М.: Педагогика, 1979–1981. Т. 3: 1981

4 Караев Ж.А. Теоретические основы развития школьного образования в Казахстане. Алматы: РИК, 1999

УДК 517.927
ГРНТИ 27.29.19

Н.Б. Искакова[1], А. Маскеуова[2], С. Саматова[3]

[1] к.ф.-м.н., старший преподаватель, Казахский Национальный педагогический университет им. Абая, г.Алматы, Казахстан

[2,3] магистрант Казахского национального педагогического университета им. Абая, г.Алматы, Казахстан

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ РЕШЕНИЯ МНОГОТОЧЕЧНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ НАГРУЖЕННОГО ОБЫКНОВЕННОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ

Аннотация

На ограниченном отрезке рассматривается линейная многоточечная краевая задача для нагруженного обыкновенного дифференциального уравнения. Исследуемая краевая задача сводится к эквивалентной краевой задаче для нагруженного дифференциального уравнения с параметрами. При фиксированном значении параметра решается задача Коши для нагруженного дифференциального уравнения. Используя фундаментальную матрицу дифференциальной части и предполагая однозначную разрешимость задачи Коши, исходная краевая задача сводится к системе линейных алгебраических уравнений относительно неизвестного параметра. Существование решения этой системы обеспечивает разрешимость исследуемой задачи. Предлагается алгоритм нахождения решения исходной задачи, основанный на построении и решении системы линейных алгебраических уравнений. Основными вспомогательными задачами алгоритма являются задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Численная реализация предложенного алгоритма основана на использовании ряда Тейлора при решении задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений.

Ключевые слова: многоточечная краевая задача, нагруженное дифференциальное уравнение, метод параметризации, алгоритм, приближенное решение

Аңдатпа

Н.Б. Искакова[1], А. Маскеуова[2], С. Саматова[3]

ЖҮКТЕЛГЕН ЖАЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕҢДЕУ ҮШІН КӨП НҮКТЕЛІ ШЕТТІК ЕСЕПТІ ШЕШУ ӘДІСІ ТУРАЛЫ

[1] ф.-м.ғ.к., аға оқытушы, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

[2,3] Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университетінің магистранты, Алматы қ., Қазақстан

Шектелген аралықта жүктелген жай дифференциалдық теңдеу үшін сызықтық көпнүктелі шеттік есеп қарастырылады. Зерттелетін шеттік есеп параметрлері бар жүктелген дифференциалдық теңдеу үшін эквивалентті шеттік есепке келтіріледі. Параметрдің белгіленген мәнінде жүктелген дифференциалдық теңдеу үшін Коши есебі шешіледі. Дифференциалды бөліктің фундаменталды матрицасын қолдану арқылы және Коши

есебінің бірмәнді шешілімділігін ескере отырып, берілген шеттік есеп белгісіз параметрі бар сызықтық алгебралық теңдеулер жүйесіне келтіріледі.Осы жүйенің шешімінің бар болуы зерттелетін есептің шешілуін қамтамасыз етеді. Зерттелетін есепті шешудің сызықтық алгебралық теңдеулер жүйесін құруға және шешуге негізделген алгоритмі ұсынылады. Жай дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін Коши есебі алгоритмнің негізгі көмекші есебі болып табылады. Ұсынылған алгоритмнің сандық жүзеге асырылуы жай дифференциалдық теңдеулер үшін Коши есебін Тейлор қатары арқылы шешуге негізделген.

Түйін сөздері: көпнүктелі шеттік есеп, жүктелген дифференциалдық теңдеу, параметрлеу әдісі, алгоритм, жуық шешімі

Abstract

ON A METHOD FOR SOLVING A MULTIPOINT BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR A LOADED ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATION

Iskakova N.B.[1], Maskeuova A.[2], Samatova S.[3]

[1] Cand. Sci. (Phys-Math), Senior Lecturer, Abai Univrsity, Almaty, Kazakhstan

[2,3] Student of Master's Programme, Abai Univrsity, Almaty, Kazakhstan

On a finite segment a linear multipoint boundary value problem for a loaded ordinary differential equation is considered. The investigated boundary value problem is reduced to an equivalent boundary value problem for loaded differential equation with parameters. At the fixed value of the parameter, the Cauchy problem for the loaded differential equation is solved. Using a fundamental matrix of the differential part and assuming the unique solvability of the Cauchy problem, the original boundary value problem reduces to a system of linear algebraic equations with respect to an unknown parameter. The existence of the solution of this system provides the solvability of the problem under study. An algorithm for finding the solution of the original problem based on the construction and solution of a system of linear algebraic equations is proposed. The main auxiliary problems of the algorithm are Cauchy problems for ordinary differential equations. The numerical implementation of the proposed algorithm is based on the use of Taylor series in solving the Cauchy problem for ordinary differential equations.

Key words: multipoint boundary value problem, loaded differential equation, method of parameterization, algorithm, approximate solution

Вопросы существования и единственности решения краевых задач для нагруженных дифференциальных уравнений, а также построения приближенного решения исследованы многими авторами [1-8].

В работах Иманчиева А.Е. [9-11] на основе метода параметризации [12] получен критерий однозначной разрешимости многоточечной краевой задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений, и предложен алгоритм построения приближенного решения.

В настоящей работе на отрезке $[0,T]$ рассматривается линейная многоточечная краевая задача для нагруженного дифференциального уравнения

$$\frac{dx}{dt} = A(t)x + \sum_{j=1}^{m} K_j x(\theta_j) + f(t), \quad t \in (0,T), \quad x \in R^2, \tag{1}$$

$$\sum_{j=0}^{m} C_j x(t_j) = d, \quad d \in R^2, \tag{2}$$

где $(2\times 2)-$матрица $A(t)$ и вектор-функция $f(t)$ непрерывны на $[0,T]$, $(2\times 2)-$матрицы $C_i, i=\overline{0,m}$, и K_j, $j=\overline{1,m}$, - постоянные, $0=t_0<\theta_1<t_1<\theta_2<t_2<\ldots<\theta_m<t_m=T$, $\|x\|=\max_i|x_i|$.

Через $C([0,T],R^2)$ обозначим пространство непрерывных функций $x:[0,T]\to R^2$ с нормой $\|x\|_1=\sup_{t\in[0,T]}\|x(t)\|$.

Решением задачи (1), (2) является непрерывно дифференцируемая на $[0,T]$ вектор-функция $x(t)$, удовлетворяющая нагруженному обыкновенному дифференциальному уравнению (1) и многоточечным краевым условиям (2).

Задача (1), (2) исследуется методом параметризации.

Схема метода параметризации. Точками $0=t_0<t_1<t_2<\ldots<t_m=T$ интервал $[0,T)$ разбивается на подинтервалы следующим образом:

$[0,T)=\bigcup_{r=1}^{m}[t_{r-1},t_r).$

Тогда задача (1), (2) сведется к эквивалентной краевой задаче

$$\frac{dx_r}{dt}=A(t)x_r+\sum_{j=1}^{m}K_j x_j(\theta_j)+f(t),\quad t\in[t_{r-1},t_r),\ r=\overline{1,m}, \tag{3}$$

$$\sum_{j=0}^{m-1}C_j x_{j+1}(t_j)+C_m\lim_{t\to T-0}x_m(t)=d, \tag{4}$$

$$\lim_{t\to t_s-0}x_s(t)=x_s(t_{s+1}),\quad s=\overline{1,m-1}, \tag{5}$$

где $x_r(t)$ - сужения функции $x(t)$ на интервалах $[t_{r-1},t_r),\ r=\overline{1,m},$ (5) – условия склеивания решения в точках разбиения интервала.

За $C\left([0,T],h,R^{2m}\right)$ обозначим пространство систем функций $x[t]=(x_1(t),x_2(t),\ldots,x_m(t))$, где функции $x_r:[t_{r-1},t_r)\to R^2$, непрерывны и имеют конечный левосторонний предел $\lim_{t\to t_r-0}x_r(t),\ r=\overline{1,m}$, с нормой $\|x[\cdot]\|_2=\max_{r=1,m}\sup_{t\in[t_{r-1},t_r)}\|x_r(t)\|$, здесь $h=\max\{t_1-t_0,t_2-t_1,\ldots,t_m-t_{m-1}\}$.

Введя параметры $\lambda_r=x_r(t_{r-1}),$ и на каждом подинтервале $[t_{r-1},t_r),\ r=\overline{1,m},$ произведя замену функции $u_r(t)=x_r(t)-\lambda_r,\ r=\overline{1,m},$ получим краевую задачу с параметрами

$$\frac{du_r}{dt}=A(t)(u_r+\lambda_r)+\sum_{j=1}^{m}K_j\cdot(u_j(\theta_j)+\lambda_j)+f(t),\ t\in[t_{r-1},t_r), \tag{6}$$

$$u_r(t_{r-1})=0,\ r=\overline{1,m}, \tag{7}$$

$$\sum_{j=0}^{m-1}C_j\lambda_{j+1}+C_m\left(\lambda_m+\lim_{t\to T-0}u_m(t)\right)=d, \tag{8}$$

$$\lambda_s+\lim_{t\to t_s-0}u_s(t)=\lambda_{s+1},\ s=\overline{1,m-1}. \tag{9}$$

Решением задачи (6)-(9) является пара $\left(\lambda^*,u^*[t]\right)$ с элементами $\lambda^*=(\lambda_1^*,\lambda_2^*,\ldots,\lambda_m^*)\in R^{2m}$, $u^*[t]=(u_1^*(t),u_2^*(t),\ldots,u_m^*(t))\in C([0,T],h,R^{2m})$.

Задачи (1), (2) и (6)-(9) эквивалентны. Если пара $\left(\lambda^*,u^*[t]\right)$ - решение задачи (6)-(9), то функция $x^*(t)$, определяемая равенствами $x^*(t)=\lambda_r^*+u_r^*(t),\ t\in[t_{r-1},t_r),\ r=\overline{1,m},\ x^*(T)=\lambda_m^*+\lim_{t\to T-0}u_m^*(t)$, будет решением задачи (1), (2). И, наоборот, если функция $\tilde{x}(t)$ является решением задачи (1), (2), то пара $\left(\tilde{\lambda},\tilde{u}[t]\right)$, где $\tilde{\lambda}=(\tilde{x}(t_0),\tilde{x}(t_1),\ldots,\tilde{x}(t_{m-1}))$, $\tilde{u}[t]=(\tilde{x}(t)-\tilde{x}(t_0),\ \tilde{x}(t)-\tilde{x}(t_1),\ldots,\tilde{x}(t)-\tilde{x}(t_{m-1}))$, будет решением задачи (6)-(9).

Введение дополнительных параметров позволяет получить для неизвестных функций $u_r(t),\ r=\overline{1,m},$ начальные условия (7). При фиксированных значениях параметров система функций $u[t]$ определяется из задачи Коши (6), (7) для нагруженного дифференциального уравнения. Использование фундаментальной матрицы $X(t)$ обыкновенного дифференциального уравнения $\frac{dx}{dt}=A(t)x$ на $[0,T]$, позволяет получить решение задачи Коши (6), (7) в виде

$$u_r(t)=X(t)\int_{t_{r-1}}^{t}X^{-1}(\tau)A(\tau)d\tau\cdot\lambda_r+X(t)\int_{t_{r-1}}^{t}X^{-1}(\tau)\sum_{j=1}^{m}K_j\left(u_j(\theta_j)+\lambda_j\right)d\tau+$$

$$+X(t)\int_{t_{r-1}}^{t}X^{-1}(\tau)f(\tau)d\tau,\quad t\in[t_{r-1},t_r),r=\overline{1,m}. \tag{7}$$

Если через μ обозначить $\sum_{j=1}^{m}K_j u_j(\theta_j)$, то (7) примет вид

$$u_r(t)=X(t)\int_{t_{r-1}}^{t}X^{-1}(\tau)d\tau\cdot\mu+X(t)\int_{t_{r-1}}^{t}X^{-1}(\tau)\left[A(\tau)\lambda_r+\sum_{j=1}^{m}K_j\lambda_j+f(\tau)\right]d\tau,\ t\in[t_{r-1},t_r),r=\overline{1,m}. \tag{8}$$

В (8), полагая $t=\theta_r$, умножая обе части на матрицу K_r, и суммируя левые и правые части по r, получаем систему линейных уравнений относительно $\mu=(\mu_1,\mu_2,...,\mu_m)\in R^{2m}$:

$$\mu=G(h)\mu+\sum_{r=1}^{m}V_r(h)\lambda_r+F(h), \tag{9}$$

где

$$G(h)=\sum_{j=1}^{m}K_jX(\theta_j)\int_{t_{j-1}}^{\theta_j}X^{-1}(\tau)d\tau \tag{10}$$

$$V_r(h)=K_rX(\theta_r)\int_{t_{r-1}}^{\theta_r}X^{-1}(\tau)A(\tau)d\tau+\sum_{j=1}^{m}K_jX(\theta_j)\int_{t_{j-1}}^{\theta_j}X^{-1}(\tau)d\tau\cdot K_r, \tag{11}$$

есть матрицы размерности (2×2), $r=\overline{1,m}$, а

$$F(h)=\sum_{j=1}^{m}K_jX(\theta_j)\int_{t_{j-1}}^{\theta_j}X^{-1}(\tau)f(\tau)d\tau, \tag{12}$$

- вектор размерности 2.

Из (9) при обратимости матрицы $I-G(h)$, получаем

$$\mu=[I-G(h)]^{-1}\left\{\sum_{r=1}^{m}V_r(h)\lambda_r+F(h)\right\}, \tag{13}$$

здесь I - единичная матрица.

Подставив (13) в правую часть (8), найдем $u_r(t)$ через параметры λ_r и функцию $f(t)$:

$$\begin{aligned}u_r(t)=&X(t)\int_{t_{r-1}}^{t}X^{-1}(\tau)A(\tau)d\tau\cdot\lambda_r+X(t)\int_{t_{r-1}}^{t}X^{-1}(\tau)d\tau\sum_{j=1}^{m}\left\{[I-G(h)]^{-1}V_j(h)+K_j\right\}\cdot\lambda_j+\\&+X(t)\int_{t_{r-1}}^{t}X^{-1}(\tau)\left\{f(\tau)+[I-G(h)]^{-1}F(h)\right\}d\tau,\ t\in[t_{r-1},t_r),\ r=\overline{1,m}.\end{aligned} \tag{14}$$

Из (14), определяя $\lim_{t\to T-0}u_m(t)$, $\lim_{t\to t_s-0}u_s(t)$, $s=\overline{1,m}$, и подставляя их соответствующие выражения в краевые условия (8) и условия склеивания (9), получаем линейную систему алгебраических уравнений относительно введенных параметров λ_r, $r=\overline{1,m}$:

$$\left\{C_0+C_mX(T)\int_{t_{m-1}}^{T}X^{-1}(\tau)d\tau\left[[I-G(h)]^{-1}V_1(h)+K_1\right]\right\}\lambda_1+$$

$$+\sum_{j=1}^{m-2}\left\{C_j+C_mX(T)\int_{t_{m-1}}^{T}X^{-1}(\tau)d\tau\left[[I-G(h)]^{-1}V_{j+1}(h)+K_{j+1}\right]\right\}\lambda_{j+1}+$$

$$+\left\{C_{m-1}+C_m+C_mX(T)\int_{t_{m-1}}^{T}X^{-1}(\tau)\left\{A(\tau)+\left[I-G(h)\right]^{-1}V_m(h)+K_m\right\}d\tau\right\}\lambda_m=$$

$$=d-C_mX(T)\int_{t_{m-1}}^{T}X^{-1}(\tau)\left[f(\tau)+\left[I-G(h)\right]^{-1}F(h)\right]d\tau, \qquad (15)$$

$$X(t_s)\int_{t_{s-1}}^{t_s}X^{-1}(\tau)d\tau\sum_{j=1}^{s-1}\left(\left[I-G(h)\right]^{-1}V_j(h)+K_j\right)\lambda_j+$$

$$+\left\{I+X(t_s)\int_{t_{s-1}}^{t_s}X^{-1}(\tau)\left[A(\tau)+\left[I-G(h)\right]^{-1}V_s(h)+K_s\right]d\tau\right\}\lambda_s+$$

$$+\left\{-I+X(t_s)\int_{t_{s-1}}^{t_s}X^{-1}(\tau)d\tau\left[\left[I-G(h)\right]^{-1}V_{s+1}(h)+K_{s+1}\right]\right\}\lambda_{s+1}+$$

$$+X(t_s)\int_{t_{s-1}}^{t_s}X^{-1}(\tau)d\tau\sum_{j=s+2}^{m}\left(\left[I-G(h)\right]^{-1}V_j(h)+K_j\right)\lambda_j=$$

$$=-X(t_s)\int_{t_{s-1}}^{t_s}X^{-1}(\tau)\left[f(\tau)+\left[I-G(h)\right]^{-1}F(h)\right]d\tau,\ \ s=\overline{1,m-1}. \qquad (16)$$

Обозначив через $Q_*(h)$ матрицу, соответствующую левой части системы (15), (16) и составленную из коэффициентов при параметрах λ_r, $r=\overline{1,m}$, а также введя вектор

$$\widetilde{F}_*(h)=\left(-d+C_mX(T)\int_{t_{m-1}}^{T}X^{-1}(\tau)\left[f(\tau)+\left[I-G(h)\right]^{-1}F(h)\right]d\tau,\ X(t_1)\int_{t_0}^{t_1}X^{-1}(\tau)\left[f(\tau)+\left[I-G(h)\right]^{-1}F(h)\right]d\tau,\ldots\right.$$

$$\left.\ldots,X(t_{m-1})\int_{t_{m-2}}^{t_{m-1}}X^{-1}(\tau)\left[f(\tau)+\left[I-G(h)\right]^{-1}F(h)\right]d\tau\right),$$

запишем систему (15), (16) в виде

$$Q_*(h)\lambda=-\widetilde{F}_*(h),\ \lambda\in R^{2m}. \qquad (17)$$

Лемма. Пусть $m\in\mathrm{N}$, такое, что $h_1+h_2+\ldots+h_m=T$, $h_r=t_r-t_{r-1}$, $r=\overline{1,m}$. Тогда верно следующее:

а) вектор $\lambda^*=\left(\lambda_1^*,\lambda_2^*,\ldots,\lambda_m^*\right)\in R^{2m}$, составленный из значений решения $x^*(t)$ задачи (1), (2) в точках разбиения: $\lambda_r^*=x^*(t_{r-1})$, $r=\overline{1,m}$, удовлетворяет системе (17);

б) если $\widetilde{\lambda}=\left(\widetilde{\lambda}_1,\widetilde{\lambda}_2,\ldots,\widetilde{\lambda}_m\right)\in R^{2m}$ является решением системы (17), а система функций $\widetilde{u}[t]=\left(\widetilde{u}_1(t),\widetilde{u}_2(t),\ldots,\widetilde{u}_m(t)\right)$ – решением задачи Коши (6), (7), то функция определяемая равенствами $\widetilde{x}(t)=\widetilde{\lambda}_r+\widetilde{u}_r(t)$, $t\in[t_{r-1},t_r)$, $r=\overline{1,m}$, $\widetilde{x}(T)=\widetilde{\lambda}_m+\lim\limits_{t\to T-0}\widetilde{u}_m(t)$, является решением задачи (1), (2).

Используя лемму, нетрудно установить, что при обратимости матрицы $I-G(h)$ необходимым и достаточным условием разрешимости задачи (1), (2) является существование решения системы (17), а критерием однозначной разрешимости – обратимость матрицы $Q_*(h)$.

Алгоритм решения. Основным составляющим данного алгоритма являются задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\frac{dx}{dt}=A(t)x+P(t),\ x(t_{r-1})=0,\ t\in[t_{r-1},t_r),r=\overline{1,m}, \qquad (18)$$

здесь $P(t)$- либо матрица, либо вектор размерности 2. Решение задачи Коши обозначим через $a_r(P,t)$, то есть

$$a_r(P,t)=X(t)\int_{t_{r-1}}^{t}X^{-1}(\tau)P(\tau)d\tau. \tag{19}$$

Шаг 1. Пусть произведено разбиение интервала $[0,T]$ точками $0=t_0<t_1<t_2<\ldots<t_m=T.$ Решая задачи Коши

$$\frac{dx}{dt}=A(t)x+I,\ x(t_{r-1})=0,\ t\in[t_{r-1},t_r),\ r=\overline{1,m}, \tag{20}$$

$$\frac{dx}{dt}=A(t)x+A(t),\ x(t_{r-1})=0,\ t\in[t_{r-1},t_r),\ r=\overline{1,m}, \tag{21}$$

$$\frac{dx}{dt}=A(t)x+f(t),\ x(t_{r-1})=0,\ t\in[t_{r-1},t_r),\ r=\overline{1,m}, \tag{22}$$

найдем на $t\in[t_{r-1},t_r)$ матричные функции $a_r(I,t),\ a_r(A,t),$ и векторы $a_r(f,t),\quad r=\overline{1,m}.$

Учитывая (10)-(12), получим

$$\hat{G}(h)=\sum_{j=1}^{m}K_j a_j(I,\theta_j),\ \hat{V}_r(h)=K_r a_r(A,\theta_r)+\sum_{j=1}^{m}K_j a_j(I,\theta_j)\cdot K_r,\ \hat{F}(h)=\sum_{j=1}^{m}K_j a_j(f,\theta_j).$$

Составим матрицу $I-\hat{G}(h)$ и проверим ее обратимость. Если матрица $\left[I-\hat{G}(h)\right]^{-1}$ существует, то перейдем к следующему шагу алгоритма.

Шаг 2. Предполагая обратимость матрицы $I-\hat{G}(h),$ составим систему линейных алгебраических уравнений относительно параметров

$$\left\{C_0+C_m a_m(I,T)\left(\left[I-\hat{G}(h)\right]^{-1}\hat{V}_1(h)+K_1\right)\right\}\lambda_1+\sum_{j=1}^{m-2}\left\{C_j+C_m a_m(I,T)\left(\left[I-\hat{G}(h)\right]^{-1}\hat{V}_{j+1}(h)+K_{j+1}\right)\right\}\lambda_{j+1}+$$

$$+\left\{C_{m-1}+C_m\left[I+a_m(A,T)+a_m(I,T)\left(\left[I-\hat{G}(h)\right]^{-1}\hat{V}_m(h)+K_m\right)\right]\right\}\lambda_m=$$

$$=d-C_m\left(a_m(f,T)+a_m(I,T)\left[I-\hat{G}(h)\right]^{-1}\hat{F}(h)\right), \tag{23}$$

$$a_s(I,t_s)\sum_{j=1}^{s-1}\left(\left[I-\hat{G}(h)\right]^{-1}\hat{V}_j(h)+K_j\right)\lambda_j+\left\{I+a_s(A,t_s)+a_s(I,t_s)\left(\left[I+\hat{G}(h)\right]^{-1}\hat{V}_s(h)+K_s\right)\right\}\lambda_s+$$

$$+\left\{-I+a_s(I,t_s)\left(\left[I+\hat{G}(h)\right]^{-1}\hat{V}_{s+1}(h)+K_{s+1}\right)\right\}\lambda_{s+1}+a_s(I,t_s)\sum_{j=s+2}^{m}\left(\left[I-\hat{G}(h)\right]^{-1}\hat{V}_j(h)+K_j\right)\lambda_j=$$

$$=-a_s(f,t_s)-a_s(I,t_s)\left[I-\hat{G}(h)\right]^{-1}\hat{F}(h),\quad s=\overline{1,m-1}. \tag{24}$$

Решая систему (23), (24), найдем $\lambda_r^*,\ r=\overline{1,m}.$

Шаг 3. Если известно $\lambda^*=(\lambda_1^*,\lambda_2^*,\ldots,\lambda_m^*)$ и существует матрица $\left[I-\hat{G}(h)\right]^{-1}$, то

$$\mu^*=\left[I-\hat{G}(h)\right]^{-1}\left\{\sum_{r=1}^{m}\hat{V}_r(h)\lambda_r^*+\hat{F}(h)\right\},$$

и решение краевой задачи (1),(2) определяется равенствами

$$x^*(t)=X(t)X^{-1}(t_{r-1})\lambda_r^*+X(t)\int_{t_{r-1}}^{t}X^{-1}(\tau)d\tau\left\{\mu^*+\sum_{j=1}^{m}K_j\lambda_j^*\right\}+X(t)\int_{t_{r-1}}^{t}X^{-1}(\tau)f(\tau)d\tau, \tag{25}$$

$t\in[t_{r-1},t_r),r=\overline{1,m}$

и

$$x^*(T)=X(T)X^{-1}(t_{m-1})\lambda_m^*+X(T)\int_{t_{m-1}}^{T}X^{-1}(\tau)d\tau\left\{\mu^*+\sum_{j=1}^{m}K_j\lambda_j^*\right\}+X(T)\int_{t_{m-1}}^{T}X^{-1}(\tau)f(\tau)d\tau. \quad (26)$$

Представления (25), (26) дают аналитическую форму решения линейной многоточечной краевой задачи для нагруженного обыкновенного дифференциального уравнения (1), (2).

Пример. На отрезке $[0,1]$ рассматривается линейная многоточечная краевая задача для нагруженного дифференциального уравнения

$$\frac{dx}{dt}=A(t)\,x+\begin{pmatrix}1&2\\3&1\end{pmatrix}x(0.4)+\begin{pmatrix}1&-1\\0&1\end{pmatrix}x(0.6)+f(t),\ x\in R^2,$$

$$\begin{pmatrix}1&1\\1&1\end{pmatrix}x(0)+\begin{pmatrix}-1&0\\0&-1\end{pmatrix}x(0.5)+\begin{pmatrix}0&1\\1&0\end{pmatrix}x(1)=d,\ d\in R^2,$$

где $A(t)=\begin{pmatrix}0&0\\0&0\end{pmatrix}$, $f(t)=\begin{pmatrix}2t+0.28\\1.52\end{pmatrix}$, $d=\begin{pmatrix}-1.25\\0.5\end{pmatrix}$.

Применим выше изложенный алгоритм для нахождения решения рассматриваемой задачи в аналитическом виде. Фундаментальной матрицей дифференциальной части рассматриваемого нагруженного дифференциального уравнения является матрица $X(t)=\begin{pmatrix}1&0\\0&1\end{pmatrix}$. Введя дополнительные параметры $\lambda_r, r=1,2,$ как значения решения $x(t)$ в начальных точках подинтервалов: $\lambda_1\hat{=}x(0),\ \lambda_2\hat{=}x(0.5),$ и осуществляя замену по формулам

$$x(t)=u_1(t)+\lambda_1,\ t\in[0,0.5),\ x(t)=u_2(t)+\lambda_2,\ s\in[0.5,1),$$

перейдем к эквивалентной краевой задаче

$$\frac{du_1}{dt}=\begin{pmatrix}1&2\\3&1\end{pmatrix}(u_1(0.4)+\lambda_1)+\begin{pmatrix}1&-1\\0&1\end{pmatrix}(u_2(0.6)+\lambda_2)+f(t),\ u_1(0)=0,\ t\in[0,0.5),$$

$$\frac{du_2}{dt}=\begin{pmatrix}1&2\\3&1\end{pmatrix}(u_1(0.4)+\lambda_1)+\begin{pmatrix}1&-1\\0&1\end{pmatrix}(u_2(0.6)+\lambda_2)+f(t),\ u_2(0.5)=0,\ t\in[0.5,1),$$

$$\begin{pmatrix}1&1\\1&1\end{pmatrix}\lambda_1+\begin{pmatrix}-1&0\\0&-1\end{pmatrix}\lambda_2+\begin{pmatrix}0&1\\1&0\end{pmatrix}\left(\lambda_2+\lim_{t\to1-0}u_2(t)\right)=d,\ d\in R^2,$$

$$\lambda_1+\lim_{t\to0.5-0}u_1(t)=\lambda_2.$$

Решая задачи Коши (20)-(22) и учитывая раенства (10)-(12), получим

$$\hat{G}(h)=\begin{pmatrix}0.5&0.7\\1.2&0.5\end{pmatrix},\ \hat{V}_1(h)=\begin{pmatrix}13/5&17/10\\27/10&29/10\end{pmatrix},\ \hat{V}_2(h)=\begin{pmatrix}1/2&1/5\\6/5&-7/10\end{pmatrix},\ \hat{F}(h)=\begin{pmatrix}737/500\\197/125\end{pmatrix}.$$

Матрица $I-\hat{G}(h)$ имеет обратную:

$$\left[I-\hat{G}(h)\right]^{-1}=\begin{pmatrix}-50/59&-70/59\\-120/59&-50/59\end{pmatrix}.$$

Далее, составляем систему линейных алгебраических уравнений относительно введенных параметров

$$Q_*(h)\lambda=-\tilde{F}_*(h),\ \lambda\in R^4,$$

где

$$Q_*(h)=\begin{pmatrix}-76/59&-86/59&-119/59&94/59\\-71/59&-26/59&34/59&-69/59\\-71/59&-85/59&-84/59&-10/59\\-135/59&-86/59&-60/59&-24/59\end{pmatrix},\ \tilde{F}_*(h)=\begin{pmatrix}37/236\\69/59\\69/59\\83/59\end{pmatrix}.$$

Матрица $Q_*(h)$ обратима, отсюда задача имеет единственное решение. Чтобы найти это решение найдем λ^* и μ^*:

$$\lambda_1^* = \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \end{pmatrix}, \quad \lambda_2^* = \begin{pmatrix} 0.25 \\ -0.5 \end{pmatrix}, \quad \mu^* = \begin{pmatrix} 97/100 \\ 49/50 \end{pmatrix}$$

Тогда решение рассматриваемой краевой задачи,определяемое равенствами

$$x^*(t) = X(t)X^{-1}(0)\lambda_1^* + X(t)\int_0^t X^{-1}(\tau)d\tau\left\{\mu^* + \sum_{j=1}^{2} K_j\lambda_j^*\right\} + X(t)\int_0^t X^{-1}(\tau)f(\tau)d\tau,\ t\in[0,0.5),$$

$$x^*(t) = X(t)X^{-1}(0.5)\lambda_2^* + X(t)\int_{0.5}^t X^{-1}(\tau)d\tau\left\{\mu^* + \sum_{j=1}^{2} K_j\lambda_j^*\right\} + X(t)\int_{0.5}^t X^{-1}(\tau)f(\tau)d\tau,\ t\in[0.5,1),$$

$$x^*(1) = X(1)X^{-1}(0.5)\lambda_2^* + X(1)\int_{0.5}^1 X^{-1}(\tau)d\tau\left\{\mu^* + \sum_{j=1}^{m} K_j\lambda_j^*\right\} + X(1)\int_{0.5}^1 X^{-1}(\tau)f(\tau)d\tau.$$

имеет вид $x^*(t) = \begin{pmatrix} t^2 \\ t-1 \end{pmatrix}$.В этом примере удалось построить фундаментальную матрицу дифференциальной части рассматриваемого нагруженного обыкновенного дифференциального уравнения. Это позволило построить решение задачи в явном виде на основе алгоритма метода параметризации.

Для случая, когда фундаментальную матрицу не удается построить, предлагается методнахождения приближенного решения по вышеизложенному алгоритму, основанный на использовании формулы Тейлора. Для иллюстрации предложенного подхода нахожденияприближенного решения многоточечной краевой задачи для нагруженного дифференциального уравнения (1), (2) на основе метода параметризации рассмотрим следующий пример. В этом примере матрица дифференциальной части является переменной и построить фундаментальную матрицу не удается.

Пример 2. На отрезке $[0,1]$ рассматривается линейная многоточечная краевая задача для нагруженного дифференциального уравнения

$$\frac{dx}{dt} = A(t)x + \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -2 \end{pmatrix}x(0.4) + \begin{pmatrix} 5 & 4 \\ -2 & 3 \end{pmatrix}x(0.6) + f(t),\ x\in R^2,$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}x(0) + \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}x(0.5) + \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}x(1) = d,\ d\in R^2,$$

где $A(t) = \begin{pmatrix} t^2 & 1 \\ 2 & -t \end{pmatrix}$, $f(t) = \begin{pmatrix} 3t^2 - t^5 - t + 1.456 \\ 1.432 - 2t^3 + t(t-1) \end{pmatrix}$, $d = \begin{pmatrix} -1.375 \\ -1.375 \end{pmatrix}$.

Точным решение задачи является вектор-функция $x^*(t) = \begin{pmatrix} t^3 \\ t-1 \end{pmatrix}$, $t\in[0,1)$.

С помощью ряда Тейлора находим приближенные решения задач Коши

$$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} t^2 & 1 \\ 2 & -t \end{pmatrix}x + \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix},\ x(t_{r-1}) = 0,\ t\in[t_{r-1}, t_r),\ r = 1,2,$$

$$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} t^2 & 1 \\ 2 & -t \end{pmatrix}x + \begin{pmatrix} t^2 & 1 \\ 2 & -t \end{pmatrix},\ x(t_{r-1}) = 0,\ t\in[t_{r-1}, t_r),\ r = 1,2,$$

$$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} t^2 & 1 \\ 2 & -t \end{pmatrix}x + \begin{pmatrix} 3t^2 - t^5 - t + 1.456 \\ 1.432 - 2t^3 + t(t-1) \end{pmatrix},\ x(t_{r-1}) = 0,\ t\in[t_{r-1}, t_r),\ r = 1,2,$$

Учитывая (10)-(12), определяем значения

$$\hat{G}^{\tilde{h}}(h)=\begin{pmatrix} 0.9770705824 & 0.4960702487 \\ -0.4919164303 & -0.5173081693 \end{pmatrix},\ \hat{V}_1^{\tilde{h}}(h)=\begin{pmatrix} 1.160793249 & -0.5751591641 \\ -2.100449764 & 0.8747011671 \end{pmatrix},$$

$$\hat{V}_2^{\tilde{h}}(h)=\begin{pmatrix} 4.889075689 & 5.717993622 \\ -0.9128725015 & -3.849480554 \end{pmatrix},\ \hat{F}^{\tilde{h}}(h)=\begin{pmatrix} 2.03209523 \\ -1.518662514 \end{pmatrix},$$

здесь $\tilde{h}_r=\dfrac{t_r-t_{r-1}}{n},\ n\in \mathrm{N}.$

Обратимость матрицы $I-\hat{G}^{\tilde{h}}(h)$ и численные значения приближенных решений задач Коши позволяют получить приближенную систему алгебраических решений относительно введенных параметров

$$\begin{pmatrix} -1.002593 & 1.128620 & -18.425893 & -16.698612 \\ 0.0969272 & 1.800646 & -2.719036 & -3.669285 \\ 3.007597 & -0.457025 & 14.322055 & 14.790124 \\ 0.787562 & 0.278713 & 2.082594 & 2.305713 \end{pmatrix}\cdot\begin{pmatrix} \lambda_{11} \\ \lambda_{12} \\ \lambda_{21} \\ \lambda_{22} \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} -4.917449 \\ 0.305883 \\ 5.14778 \\ 1.171245 \end{pmatrix}$$

Система имеет единственное решение $\lambda^{\tilde{h}}=\begin{pmatrix} 1.77636\cdot 10^{-15} \\ -1 \\ 0.125 \\ -0.5 \end{pmatrix}$. Тогда краевая задача однозначно разрешима. Решая задачу Коши

$$\frac{dx}{dt}=A(t)x+\mu^{\tilde{h}}+\sum_{j=1}^{m}K_j\lambda_j^{\tilde{h}}+f(t),\quad t\in[t_{r-1},t_r),$$

$$x(t_{r-1})=\lambda_r^{\tilde{h}},\ r=1,2,$$

здесь $\mu^{\tilde{h}}=\begin{pmatrix} 0.919 \\ -0.682 \end{pmatrix}$, с помощью формулы Тейлора, получим приближенное решение исходной краевой задачи

$$\tilde{x}(t)=\begin{pmatrix} 1.77636\cdot 10^{-15}+1.77636\cdot 10^{-15}t^2+t^3+4.1484\cdot 10^{-15}t^5 \\ -1+t+2.9606\cdot 10^{-16}t^4 \end{pmatrix},\ t\in[0,0.5),$$

$$\tilde{x}(t)=\begin{pmatrix} -0.25+0.75t+1.5(t-0.5)^2+(t-0.5)^3 \\ t-1 \end{pmatrix},\ t\in[0.5,1).$$

Список использованной литературы

1 Нахушев А.М. Об одном приближенном методе решения краевых задач для дифференциальных уравнений и его приложения к динамике почвенной влаги и грунтовых вод // Дифференц. уравнения. - 1982. - Т. 18. № 1. - С. 72-81.

2 Нахушев А.М. Нагруженные уравнения и их приложения // Дифференц. уравнения. - 1983. - Т. 19. № 1. - С. 86-94.

3 Нахушев А.М. Нагруженные уравнения и их применение. -М: Наука, 2012. - 232 с.

4 Дженалиев М.Т. К теории линейных краевых задач для нагруженных дифференциальных уравнений. - Алматы: Компьютерный центр ИТПМ, 1995. – 270с.

5 Дженалиев М.Т., Рамазанов М.И. Нагруженные уравнения как возмущения дифференциальных уравнений. - Алматы: Гылым, 2010. – 336с.

6 Бакирова Э.А. О признаке однозначной разрешимости двухточечной краевой задачи для системы нагруженных дифференциальных уравнений // Известия НАН РК. Сер.физ-матем. - 2005.- № 1. - С.95-102.

7 Бакирова Э.А. О необходимых и достаточных условиях однозначной разрешимости двухточечной краевой задачи для нагруженных дифференциальных уравнений // Математический журнал. - 2005. - Т. 5. № 3. - С. 25-34.

8 Кадирбаева Ж.М. Об одном алгоритме нахождения решения линейной двухточечной краевой задачи

для нагруженных дифференциальных уравнений // Математический журнал. - 2009. - Т. 9. № 2(32). - С. 64-70.

9 Джумабаев Д.С., Иманчиев А.Е. Корректная разрешимость линейной многоточечной краевой задачи // Математический журнал. - 2005. - Т.5. - №1. - С. 30-38.

10 Джумабаев Д.С., Иманчиев А.Е. Критерий существования изолированного решения многоточечной краевой задачи для системы обыкновенных дифференциальных уравнений // Известия НАН РК. Сер.физ.-матем. - 2010. - № 3. - С.117-121.

11 Иманчиев А.Е. Необходимые и достаточные условия однозначной разрешимости линейной многоточечной краевой задачи // Известия МОН РК, НАН РК. Сер.физ.-матем. - 2002. - № 3. - С.79-84.

12 Джумабаев Д.С. Признаки однозначной разрешимости линейной краевой задачи для обыкновенного дифференциального уравнения // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. - 1989. - Т. 29. № 1. - С. 50-66.

ГРНТИ27.31.15, 29.05.03
УДК 517.957, 532.5

Ә. Қайратқызы[1], И.Қ. Нұрат [2], Г.Н. Шайхова [3]

[1]Еуразия ұлттық университетінің магистранты, Астана қ., Қазақстан
[2]Еуразия ұлттық университетінің оқытушысы, Астана қ., Қазақстан
[3] доктор PhD, Еуразия ұлттық университетінің доценті, Астана қ., Қазақстан

ДИСПЕРСИЯЛЫҚ ЕМЕС ЖҮЙЕ ТЕҢДЕУЛЕРІНІҢ НАҚТЫ ШЕШІМДЕРІ

Аңдатпа

Әр түрлі жағдайларда сұйықтықтарда толқындардың таралуын сипаттайтын сызықты емес дифференциалдық теңдеулер жүйелерінің көптеген мысалдар бар. Таяз судағы беттік толқындарды сипаттайтын модельдердің бірі Кортевега де Фриз теңдеуі болып табылады.Одан өзге сызықты емес теңдеулердің бірі Шредингер теңдеуі, ол терең судағы толқындық фронттың таралу моделінде қолданылады.

Соңғы жылдары дисперсиялық емес интегралдық иерархияның математика, теориялық физика, кванттық өріс теориясы, ішекті теориясы, солитондар теориясы және т.б. сияқты әр түрлі салаларда қолданылуығалымдардың қызығушылығын арттырды. Бұл теңдеулерді шешуде Хирота әдісі, Беклунд әдісі, Дарбу түрлендіруі сияқты көптеген шешу әдістері қолданылады..

Бұл мақалада біз жаңа жалпы дисперсиялық емес теңдеулер қорытуын ұсынамыз. Дарбу әдісін пайдалану арқылыбірінші ретті Дарбу түрлендіруін аламыз. $q = x, r = -x$және $q = -\gamma r,\ r = -X$ кезіндегі нақты шешімдер алынған.

Түйін сөздер: нақты шешім, Дарбу түрлендіруі, дисперсия, жүйе, теңдеу, спектрлік мәселе, солитон

Аннотация

А. Кайраткызы [1], И.К. Нурат [2], Г.Н. Шайхова [3]
[1]Магистрант Евразийского национального университета, г.Астана, Казахстан
[2]Евразийского национального университета, г.Астана, Казахстан
[3]доктор PhD,доцентЕвразийского национального университета, г.Астана, Казахстан

ТОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ БЕЗДИСПЕРСИОННОЙ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ

Существует множество примеров систем нелинейных дифференциальных уравнений, моделирующих распространениеволн в жидкостях в различных условиях. Одна из ранних моделейэто уравнение Кортевег де Фриза, моделирующее распространение поверхностных волнв мелководье. Другое одно из важных нелинейных уравнений является нелинейное уравнение Шрёдингера оно имеет применение при моделировании распространения волновых фронтов в глубокой воде.

Последние годы возрос значительный интерес к бездисперсионным интегрируемым иерархиям из-за их появления и использования в различных областях, таких как математика, теоретическая физика, квантовая теория поля, теория струн, солитон теории и другие. Для их решения исползуются различные методы решения, такие как метод Хироты, метод Бэклунда, метод преобразования Дарбу.

В данной статье предлагаем новое обобщение бездисперсионной системы уравнений. С помощью метода преобразования Дарбу получаем преобразование Дарбу первого порядка. Получены новые точные решения при$q = x, r = -x$ и $q = -\gamma r,\ r = -X$.

Ключевые слова: точное решение, преобразование Дарбу, дисперсия, система, уравнение, спектральная задача, солитон

Abstract

EXACT SOLUTIONS DISPERSIONLESS SYSTEMS OF EQUATIONS

Kairatkyzy A[1], Nurat I.K[2], Shaikhova G.N[3]

[1] Student of Master's Programme of the Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

[2] Lecturer at the Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

[3]PhD doctor, Associate Professor of the Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

There are many examples of systems of nonlinear differential equations that simulate the propagation of waves in liquids under various conditions. One of the early models is the Korteweg de Vries equation, which simulates the propagation of surface waves in shallow water. Another one of the important nonlinear equations is the nonlinear Schrödinger equation, it has applications in modeling the propagation of wave fronts in deep water.

In recent years, interest in nondispersive integrable hierarchies has increased significantly due to their appearance and use in various fields such as mathematics, theoretical physics, quantum field theory, string theory, soliton theory, and others. To solve them, various methods of solution are used, such as the Hirota method, the Backlund method, the Darboux transformation method.

In this paper, we propose a new generalization of the dispersionless system of equations. Using the Darboux transformation method, we obtain the Darboux transformation of the first order. New exact solutions are obtained for q = x, r = -x and $q=-\gamma r$, $r=-x$

Key words: exact solution, Darboux transformation, dispersion, system, equation, spectral problem, soliton

1. Кіріспе.Солитондар арасындағы өзара әсерлесуді зерттеу ғылымда үлкен рөл атқарады [1-2]. Солитондық шешімдерді құру үшін көптеген әдістер қолданылады, мысал ретінде Хиротаның бейсызықты әдісі, кері сейілу әдісі, Берклунд және Дарбу түрлендірулері және т.б [3-5]. Көптеген әдістер арасынан Лакс жұптарына негізделген Дарбу түрлендіруі сызықтық емес эволюциялық теңдеудің солитондық шешімі үшін ең тиімді жол екендігі дәлелденген [6-8]. Дисперсиялық жүйе әртүрлі мәселелердің анализінен туындайтындықтан болғандықтан, оларды шешудің мәні зор. Олар физика мен математика сияқты салаларда кеңінен қолданылады [1-5]. Бұл жұмыста дисперсиялық емес теңдеулерді қарастырамыз:

$$\begin{matrix} q_{xt}+2r_xr\gamma^2=0 \\ r_{xt}-2q_xr=0 \end{matrix}, \tag{1}$$

мұндағы γ - нөлдік емес тұрақты, q және r - x пен t-дан тәуелді функциялар. (1) жүйе $\gamma=1$ жағдайы [9] жұмыста қарастырылған. Бұл мақалада дисперсиялық емес байланысқан жүйенің $\gamma\neq 0$ жағдайындағы жалпыланған нұсқасын қарастырамыз.

Спектралдық мәселе көмегімен біз интегралды дисперсиялық емес теңдеу (1) үшін жаңа Дарбу түрлендіруін құрамыз. Сонда жана шешім аламыз.

2.Дарбу түрлендіруі. Бұл бөлімде (1) тендеулер үшін жаңа Дарбу түрлендіруін аламыз.Спектралды мәселені қарастырайық

$$\phi_x=U\phi,\quad U=\begin{pmatrix} -i\lambda q_x & -i\lambda r_x\gamma \\ -i\lambda r_x\gamma & i\lambda q_x \end{pmatrix} \tag{2}$$

және қосымша мәселе

$$\phi_t=V\phi,\quad V=\begin{pmatrix} \dfrac{i}{2\lambda} & -r\gamma \\ r\gamma & -\dfrac{i}{2\lambda} \end{pmatrix} \tag{3}$$

(2) және (3) теңдеулердің сәйкестік шарты нөлдік қисық теңдеуі болып табылады:

$$U_t-V_x+[U,V]=0 \tag{4}$$

(4) теңдікті есептеп (1) теңдеулерді аламыз.Дарбу түрлендіруі негізінен (2) және (3) теңдеулердің спектральді проблемасының калибрлі түрлендіруі болып табылады[10]

$$\bar{\phi} = T\phi \tag{5}$$

$\bar{\phi}$ де келесі спектральді проблеманы қанағаттандыру керек

$$\bar{\phi}_x = \bar{U}\bar{\phi}, \quad \bar{U} = \begin{pmatrix} -i\lambda\bar{q}_x & -i\lambda\bar{r}_x\gamma \\ -i\lambda\bar{r}_x\gamma & i\lambda\bar{q}_x \end{pmatrix} \tag{6}$$

$$\bar{\phi}_t = \bar{V}\bar{\phi}, \quad \bar{V} = \begin{pmatrix} \frac{i}{2\lambda} & -\bar{r}\gamma \\ \bar{r}\gamma & -\frac{i}{2\lambda} \end{pmatrix} \tag{7}$$

Бұл U және V матрицасындағы r мен q айнымалыларын сәйкесінше $\bar{r}$ және $\bar{q}$ деп алмастыру арқылы Tматрицасын табуды білдіреді.Енді біз нақты түрлендіруді құрастыруға көшеміз. (2) және (3) теңдіктер үшін $\lambda = \lambda_k$ және $h^{(k)} = \left(h_1^{(k)}, h_2^{(k)}\right)^T$ болсын [10]. Онда $h^{(k)-} = \left(h_2^{(k)}, -h_1^{(k)}\right)$ өрнегі $\lambda = -\lambda_k$ өрнегінің шешімі болып табылады деп алсақ,

$$S^{(k)} = H\Lambda H^{-1} = \frac{1}{\lambda_k}\begin{pmatrix} \frac{(h_1^k)^2 - (h_2^k)^2}{(h_1^k)^2 + (h_2^k)^2} & \frac{2h_1^k h_2^k}{(h_1^k)^2 + (h_2^k)^2} \\ \frac{2h_1^k h_2^k}{(h_1^k)^2 + (h_2^k)^2} & \frac{(h_2^k)^2 - (h_1^k)^2}{(h_1^k)^2 + (h_2^k)^2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A^{(1)} & B^{(1)} \\ B^{(1)} & -A^{(1)} \end{pmatrix}, \tag{8}$$

мұнда

$$H = \begin{pmatrix} h_1^{(k)} & h_2^{(k)} \\ h_2^{(k)} & -h_1^{(k)} \end{pmatrix} \quad \text{және} \quad \Lambda = \begin{pmatrix} \frac{1}{\lambda_k} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{\lambda_k} \end{pmatrix}. \tag{9}$$

T функциясы келесідей болса

$$T = \frac{1}{\lambda} I - S^{(k)}, \tag{10}$$

демек

$$\bar{U} = \left(T_x + TU\right)T^{-1}, \tag{11 а}$$

$$\bar{V} = \left(T_t + TV\right)T^{-1}. \tag{11 б}$$

(6)-(7) және (11) өрнектерді пайдаланып жалпы шешімдерді аламыз:

$$\begin{aligned} \bar{q} &= q + \int \frac{1}{\lambda} A dx \\ \bar{r} &= r + \int \frac{1}{\gamma^2} B dx \end{aligned} \tag{12}$$

3. Нақты шешімдер

3.1 Жағдай: $q = x, r = -x$кезіндегі $h_1^{(1)}, h_2^{(1)}$ мәндерін анықтайық.Uматрицасы бойынша:

$$\psi_{1x} = -i\lambda q_x\psi_1 - i\lambda r_x\gamma\psi_2, \tag{13 а}$$

$$\psi_{2x} = -i\lambda r_x\gamma\psi_1 + i\lambda q_x\psi_2, \tag{13 б}$$

$$\psi_{1t} = \frac{i}{2\lambda}\psi_1 - \gamma r\psi_2, \tag{13 в}$$

$$\psi_{2t} = r\gamma\psi_1 + \frac{i}{2\lambda}\psi_2. \tag{13 г}$$

$q = x$, $r = -x$ х бойынша туындысы сәйкесінше $q_x = 1$ $r_x = -1$ болады, демек

$$\psi_{1x} = -i\lambda\psi_1 + i\lambda\gamma\psi_2, \quad (14$$

а)

$$\psi_{2x} = i\lambda\gamma\psi_1 + i\lambda\psi_2, \quad (14\ б)$$

$$\psi_{1t} = \frac{i}{2\lambda}\psi_1 + \gamma\psi_2, \quad (14\ в)$$

$$\psi_{2t} = \gamma\psi_1 + \frac{i}{2\lambda}\psi_2. \quad (14\ г)$$

(14) теңдеулер жүйесін шешіп, h_1 және h_2 мәндерін аламыз:

$$h_1 = \exp(k_1 x + s_1 t), \quad (15\ а)$$

$$h_2 = \exp(k_2 x + s_2 t) \quad (15\ б)$$

мұндағы

$$\kappa_{1,2} = \frac{\left(-i\lambda + \frac{1}{\gamma} \pm \sqrt{\left(i\lambda - \frac{1}{\gamma}\right)^2 + 4 + \frac{4}{\gamma}}\right) i\lambda\gamma}{2},$$

$$s_{1,2} = \frac{\left(\left(\frac{1-i}{2\lambda\gamma}\right) \pm \sqrt{\frac{1}{2\lambda^2\gamma^2} - \frac{1-i}{\lambda\gamma} + \frac{i}{\lambda^2\gamma} - 4}\right)\gamma}{2}$$

(15) теңдеуге қоя отырып келесі өрнекті аламыз:

$$A = \frac{(h_1)^2 - (h_2)^2}{(h_1)^2 + (h_2)^2} \quad B = \frac{2h_1 h_2}{(h_1)^2 + (h_2)^2} \quad (16)$$

А және В мәндерін табамыз. (12) және (15)-(16) теңдеулерді ескеріп $q = x$, $r = -x$ жағдайы үшін нақты шешімдерді мына түрде аламыз:

$$\bar{q} = x - \frac{1}{-i}A, \quad \bar{r} = -x - \frac{1}{-i\gamma}B$$

мұнда

$$A = \frac{(e^{\frac{\left(-i\lambda+\frac{1}{\gamma}+\sqrt{\left(i\lambda-\frac{1}{\gamma}\right)^2+4+\frac{4}{\gamma}}\right)i\lambda\gamma}{2}x+\frac{\left(\left(\frac{1-i}{2\lambda\gamma}\right)+\sqrt{\frac{1}{2\lambda^2\gamma^2}-\frac{1-i}{\lambda\gamma}+\frac{i}{\lambda^2\gamma}-4}\right)\gamma}{2}t})^2 - (e^{\left(-i\lambda+\frac{1}{\gamma}-\sqrt{\left(i\lambda-\frac{1}{\gamma}\right)^2+4+\frac{4}{\gamma}}\right)i\lambda\gamma x+\frac{\left(\left(\frac{1-i}{2\lambda\gamma}\right)-\sqrt{\frac{1}{2\lambda^2\gamma^2}-\frac{1-i}{\lambda\gamma}+\frac{i}{\lambda^2\gamma}-4}\right)\gamma}{2}t})^2}{(e^{\frac{\left(-i\lambda+\frac{1}{\gamma}+\sqrt{\left(i\lambda-\frac{1}{\gamma}\right)^2+4+\frac{4}{\gamma}}\right)i\lambda\gamma}{2}x+\frac{\left(\left(\frac{1-i}{2\lambda\gamma}\right)+\sqrt{\frac{1}{2\lambda^2\gamma^2}-\frac{1-i}{\lambda\gamma}+\frac{i}{\lambda^2\gamma}-4}\right)\gamma}{2}t})^2 + (e^{\frac{\left(-i\lambda+\frac{1}{\gamma}-\sqrt{\left(i\lambda-\frac{1}{\gamma}\right)^2+4+\frac{4}{\gamma}}\right)i\lambda\gamma}{2}x+\frac{\left(\left(\frac{1-i}{2\lambda\gamma}\right)-\sqrt{\frac{1}{2\lambda^2\gamma^2}-\frac{1-i}{\lambda\gamma}+\frac{i}{\lambda^2\gamma}-4}\right)\gamma}{2}t})^2}$$

$$B = \frac{2(e^{\frac{\left(-i\lambda+\frac{1}{\gamma}+\sqrt{\left(i\lambda-\frac{1}{\gamma}\right)^2+4+\frac{4}{\gamma}}\right)i\lambda\gamma}{2}x+\frac{\left(\left(\frac{1-i}{2\lambda\gamma}\right)+\sqrt{\frac{1}{2\lambda^2\gamma^2}-\frac{1-i}{\lambda\gamma}+\frac{i}{\lambda^2\gamma}-4}\right)\gamma}{2}t})(e^{\left(-i\lambda+\frac{1}{\gamma}-\sqrt{\left(i\lambda-\frac{1}{\gamma}\right)^2+4+\frac{4}{\gamma}}\right)i\lambda\gamma x+\frac{\left(\left(\frac{1-i}{2\lambda\gamma}\right)-\sqrt{\frac{1}{2\lambda^2\gamma^2}-\frac{1-i}{\lambda\gamma}+\frac{i}{\lambda^2\gamma}-4}\right)\gamma}{2}t})}{(e^{\frac{\left(-i\lambda+\frac{1}{\gamma}+\sqrt{\left(i\lambda-\frac{1}{\gamma}\right)^2+4+\frac{4}{\gamma}}\right)i\lambda\gamma}{2}x+\frac{\left(\left(\frac{1-i}{2\lambda\gamma}\right)+\sqrt{\frac{1}{2\lambda^2\gamma^2}-\frac{1-i}{\lambda\gamma}+\frac{i}{\lambda^2\gamma}-4}\right)\gamma}{2}t})^2 + (e^{\frac{\left(-i\lambda+\frac{1}{\gamma}-\sqrt{\left(i\lambda-\frac{1}{\gamma}\right)^2+4+\frac{4}{\gamma}}\right)i\lambda\gamma}{2}x+\frac{\left(\left(\frac{1-i}{2\lambda\gamma}\right)-\sqrt{\frac{1}{2\lambda^2\gamma^2}-\frac{1-i}{\lambda\gamma}+\frac{i}{\lambda^2\gamma}-4}\right)\gamma}{2}t})^2}$$

3.2 Жағдай: $q = -\gamma r$, $r = -x$ кезіндегі $h_1^{(1)}, h_2^{(1)}$ мәндерін анықтайық. Олардың х бойынша туындысы $q_x = -\gamma$ $r_x = -1$ тең.Онда (2)-(3) теңдеулер жүйесі мына түрге келеді:

$$\psi_{1x} = i\lambda\gamma\psi_1 + i\lambda\gamma\psi_2 \quad (17\ а)$$

$$\psi_{2x} = i\lambda\gamma\psi_1 - i\lambda\gamma\psi_2 \quad (17\text{ б})$$

$$\psi_{1t} = \frac{i}{2\lambda}\psi_1 - \gamma r\psi_2, \quad (17\text{в})$$

$$\psi_{2t} = r\gamma\psi_1 + \frac{i}{2\lambda}\psi_2. \quad (17\text{ г})$$

(17) теңдеулер жүйесін шешіп, h_1 және h_2 мәндерін аламыз:

$$h_1 = \exp(k_1 x + s_1 t), \quad (18\text{ а})$$

$$h_2 = \exp(k_2 x + s_2 t) \quad (18\text{ б})$$

мұндағы

$$k_{1,2} = \pm\sqrt{2}i\lambda\gamma.$$

$$s_{1,2} = \pm\sqrt{-\gamma^2 + \frac{1}{4\lambda^2}},$$

(18) теңдеуге қоя отырып келесі өрнекті аламыз:

$$A = \frac{(h_1)^2 - (h_2)^2}{(h_1)^2 + (h_2)^2} \quad B = \frac{2h_1 h_2}{(h_1)^2 + (h_2)^2} \quad (19)$$

А және В мәндерін табамыз. (12) және (18)-(19) теңдеулерді ескеріп $q = -\gamma r$, $r = -x$ жағдайы үшін нақты шешімдерді мына түрде аламыз:

$$\bar{q} = \gamma x - \frac{1}{-i}A, \quad \bar{r} = -x - \frac{1}{-i\gamma}B$$

мұнда

$$A = \frac{(e^{\sqrt{2}i\lambda\gamma x + \sqrt{-\gamma^2 + \frac{1}{4\lambda^2}}, t})^2 - (e^{-\sqrt{2}i\lambda\gamma x - \sqrt{-\gamma^2 + \frac{1}{4\lambda^2}}, t})^2}{(e^{\sqrt{2}i\lambda\gamma x + \sqrt{-\gamma^2 + \frac{1}{4\lambda^2}}, t})^2 + (e^{-\sqrt{2}i\lambda\gamma x - \sqrt{-\gamma^2 + \frac{1}{4\lambda^2}}, t})^2}$$

$$B = \frac{2(e^{\sqrt{2}i\lambda\gamma x + \sqrt{-\gamma^2 + \frac{1}{4\lambda^2}}t})(e^{-\sqrt{2}i\lambda\gamma x - \sqrt{-\gamma^2 + \frac{1}{4\lambda^2}}t})}{(e^{\sqrt{2}i\lambda\gamma x + \sqrt{-\gamma^2 + \frac{1}{4\lambda^2}}t})^2 + (e^{-\sqrt{2}i\lambda\gamma x - \sqrt{-\gamma^2 + \frac{1}{4\lambda^2}}t})^2}$$

Қорытынды

Бұл жұмыста жаңа дисперсиялық емес теңдеулер жүйесі қарастырылды. Дарбу әдісін пайдаланып бірінші ретті түрлендіру алынды. Дарбу әдісі негізінде екі жағдай үшін: $q = x, r = -x$ и $q = -\gamma r$, $r = -x$ дисперсиялық емес теңдеулер жүйесінің нақты шешімдері құрылды.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1 Абловиц М., Сигур Х. Солитоны и метод обратной задачи. - М.: Мир, 1987 г.. С. 479

2 Захаров В.Е., Манаков С.В., Новиков С.П., Питаевский Л.П. Теория солитонов: Метод обратной задачи. - М.: Наука,- 1980 г., С.85-90

3 Құрбанғалиева Ә. Қ., Шайхова Г.Н., Сыздыкова А.М. Екі компонентті комплексті модификацияланған Кортевег-де Фриз теңдеуінің нақты солитондық шешімдері // Вестник КазНПУ им Абая № 2 (58), 2017 г., С. 178-185

4 Чулакова А.М., Шайхова Г.Н., Сыздыкова А.М. Төрт компонентті сызықты емес шредингер теңдеулер жүйесінің солитонды шешімдері// Вестник КазНПУ им Абая № 3 (59), 2017 г., С. 141-146

5 Yesmakanova K R, Shaikhova G N, Bekova G T Soliton solutions of the Hirota system // AIP Conference Proceedings,- 2016, -1759, -P.020147

6 Yang J.,LiCh.,Li T.,Cheng Z., Darboux transformations and solitons of the two-component Hirota-Maxwell-Bloch system, China, - 2013. P. 106.

7 Matveev V.B., Salle M.A., Darboux transformations and solitons // Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 1991.

8 Yesmakanova K R, Shaikhova G N, Bekova G T, MyrzakulovaZh R Determinant Representation of Darboux transformation for the (2+1)-Dimensional Schrodinger-Maxwell-Bloch Equation // Advances in Intelligent Systems and Computing,-2016,-441,-P.183-198

9 Chen Aihua, Li Xuemei, Soliton solutions of the coupled dispersionless equation//Physics Letters A -2007, - 370, -P. 281–286

10 Zhaqilao, Zhao Yin-Long, and Li Zhi-Bin† N-soliton solution of a coupled integrable dispersionless equation// Chinese Physics B-2009, Vol 18 (05), P.1780-1786.

УДК 517.91/.93: 519.8:
ГРНТИ 27.29: 27.47.19

М.Н. Калимолдаев[1], А.А. Абдилдаева[2], М.А. Ахметжанов[3], Ф.М. Галиева[4]

[1] ҚР ҰҒА академигі, ф.-м.ғ.д., профессор, Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы қ., Қазақстан

[2,3] PhD, аға ғылыми қызметкер, Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы қ., Қазақстан

[4] магистр, инженер-программист, Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы қ., Қазақстан

МОДАЛЬДЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНІҢ КӨМЕГІМЕН АВТОМАТТЫ РЕТТЕУ ЖҮЙЕСІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Аңдатпа

Осы мақалада сызықты емес қарапайым дифференциалдық теңдеулер жүйесін тиімді басқару есебін модальды басқару әдісімен, яғни тұйық автоматты реттеу жүйесіне (АРЖ) характеристикалық теңдеулердің алдын-ала бөлінген түбірлерін беретін кері байланыс тізбектерін қалыптастыру әдісімен шешу қарастырылған. Зерттелетін модель электроэнергетикалық жүйелердегі басқару процестерін сипаттайды. Сандық эксперименттер іске асырылған алгоритмдердің жеткілікті тиімділігін көрсетті.

Түйін сөздер: электроэнергетикалық жүйе, басқару, математикалық модель, оңтайландыру, автоматты реттеу жүйесі (АРЖ).

Аннотация

М.Н. Калимолдаев[1], А.А. Абдилдаева[2], М.А. Ахметжанов[3], Ф.М. Галиева[4]

[1] академик НАН РК, д.ф.-м.н., профессор, Институт информационных и вычислительных технологий, г. Алматы, Казахстан

[2,3] PhD, старший научный сотрудник, Институт информационных и вычислительных технологий, г. Алматы, Казахстан

[4] магистр, инженер-программист, Институт информационных и вычислительных технологий, г. Алматы, Казахстан

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ МОДАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ

В настоящей статье предлагается решение задач оптимального управления нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений методом модального управления, то есть методом формирования цепи обратной связи, передающее замкнутой автоматизированной системе регулирования (АСР), заранее выбранное распределение корней характеристического уравнения. Исследуемая модель описывает процессы управления в электроэнергетических системах. Численные эксперименты показали эффективность реализованных алгоритмов.

Ключевые слова: электроэнергетическая система, управление, математическая модель, оптимизация, автоматическая система регулирования (АСР).

Abstract

OPTIMIZATION OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM BY THE MODAL CONTROL SYSTEM

Kalimoldayev M.N.[1], Abdildayeva A.A.[2], Akhmetzhanov M.A.[3], Galiyeva F.M.[4]

[1] Dr. Sci. (Phys-Math), Professor, Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan

[2,3] PhD, Senior Researcher, Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan

[4] Master degree, Software Engineer, Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan

In this paper we propose the solution of problems of optimal control of nonlinear ordinary differential equations by the method of modal control, that is, by the method of forming a feedback loop, giving a closed automatic control system (ACS), a preselected distribution of the roots of the characteristic equation. The model under study describes the control processes in electric power systems. Numerical experiments have shown the effectiveness of implemented algorithms.

Key words: electric power system, management, mathematical model, optimization, automatic control system (ACS).

Кіріспе. Турбогенераторлар мен күрделі түрде байланысқан энергетикалық блоктардан тұратын заманауи электр-энергетикалық кешеннің математикалық моделі қарапайым дифференциялдық теңдеулердің сызықсыз жүйесін құрайды. Бұл модельді басқарудың кең таралған және өзекті есептері үшін негізі болып табылатыны белгілі[1-4].

Айта кететіні, әртүрлі жүйелер мен процесстердің математикалық моделі, сонымен қатар электр-энергетикалық процесстер моделі, ең жақсы шешім қабылдау мәселесімен тығыз байланысты. Орнықтылық, тиімділік есептері, сонымен бірге кері байланыс принципі бойынша басқару құрылысының алгоритмін жасау қазіргі уақыттың өзінде көптеген ғалымдардың қызығушылығын тудыруда және өзекті тақырып болып келеді[5-8].

Мемлекеттік кеңістік әдісіне негізделген оңтайлы басқару теориясындағы әртүрлі ғылыми бағыттардың арасында машина жасау практикасында кеңінен таралған екеуін ажыратуға болады. Олардың біреуі оңтайлы басқару әдістерін біріктіреді, бұл функционалды сипаттаманы барынша азайту арқылы жүйені оңтайландырудан тұрады, әдетте реттеу сапасы [9]. Екінші бағыт модальды басқару әдістерін қамтиды, яғни. кері байланыс ілмектерін құрастыру әдістерін, АСП үшін жабық автоматтандырылған басқару жүйесін беру, тән теңдеудің тамырларының алдын-ала бөлінуі. Өндірістік реттегіштердің (контроллерлердің) баптау параметрлерін мәндерін қайта құру қажеттілігі күрделі энергетикалық объектілердің сипаттамаларының өзгеруіне байланысты бірқатар факторларға байланысты. Факторлар жүктеменің өзгеруінен, энергия тасымалдаушылардың қасиеттерінен, құрылғының контролерімен байланысты параллельді бақылау арналарының жұмыс істеуі, жабдықтың тозуы, бақыланбайтын сыртқы бұзылулардың әсері және т.б. Мысалға, мысалы, жылу электр станциясының қуатын ауыстыру реттеуші органдардың жағдайын өзгертуге әкеледі. Әртүрлі типтегі реттеуіш органдарда (қақпақ клапандары, амортизаторлар, ысырмалар және т.б.) жұмыс сипаттамаларының бұрышы әртүрлі позицияларда 2-3 рет өзгеруі мүмкін. Тиісінше, объектіні күшейту коэффициенті 2-3 есе өзгереді, бұл өтпелі процестердің сапасының нашарлауына әкеледі. Бұл нашарлау жабдықтың техникалық және экономикалық көрсеткіштеріне айтарлықтай әсер етіп, олардың тиімділігін төмендетеді. Сол сияқты, энергетикалық сектордағы күрделі нысандардың басқа да технологиялық процестерінде бақыланатын параметрлерде өзгерістер болады. Басқару процестерінің тиімділігін арттыру және жабдықтар мен басқа өндірістік факторлардың жұмыс жүктемесінің өзгеруімен туындаған сыртқы бұзылуларды өтеу үшін оңтайлы цифрлық басқару жүйелерін қолдану қажет болады. Осылайша, күрделі объектілер үшін оңтайлы басқару жүйелерін пайдаланудың заманауи принциптерін зерттеу нақты ғылыми-техникалық тапсырма болып табылады.

Осы мақалада электр энергиясын оңтайлы басқару проблемалары үшін жеткілікті оңтайлылық жағдайына негізделген экстремалды проблемаларды кеңейту принципі қолданылады.

Негізгі бөлім. Бақылаушысы бар модальды басқару теориясын жүзеге асыратын тиімді реттегіш SCADA «TRACE MODE» автоматты басқару жүйесі үшін программаның бейімді блогында пайдаланылады[11]. Аталған жүйе энергетика кәсіпорындарында кең қолданылатындықтан объект белгісіздік жағдайында болған кезде бақылаушысы бар модальды автоматты реттеу жүйесі (АРЖ) құрылымдық және дабылдық сәйкестендіру тиімділігінің талдауы болып табылады.

Осы кезде келесі мәселелерді шешу қажет:

– екінші реттегі инерциялық буын түріндегі объект үшін модальды ПИД-реттегіш параметрлерінің тиімді мәндерін есептеуді жүргізу;

– бақылаушы коэффициенттердің мәнін анықтау;

– АРЖ-дағы түзету элементінің мәнін есептеу;

– жобаланған АРЖ дабылдық әрекет ету кезіндегі (тапсырманың өзгеруі) әсерге және параметрлік ауытқулар (объектінің тапсыру функциясының мәндерін 10-50 %-ға өзгерту) кезінде тұрақтылыққа талдау жүргізу

Күйлер кеңістігіндегі басқару объектісі келесі түрдегі векторлы-матрицалық теңдеулермен сипатталатыны белгілі:

$$\dot{\mathbf{X}}(t) = \mathbf{A}\,\mathbf{X}(t) + \mathbf{B}\,\mathbf{U}(t),$$

$$\mathbf{Y}(t) = \mathbf{C}\,\mathbf{X}(t),$$

мұндағы $A, B, C - (n \times n), (n \times m), (r \times m)$ сәйкесінше мөлшерлік коэффициенттер матрицалары; m – кіру саны; r– шығу саны; $\boldsymbol{U}(t)$ – m өлшемдік басқарушы әрекеттердің вектор-функциясы; $\boldsymbol{X}(t)$ – n өлшемді ауыспалы күйдің вектор-функциясы (n – басқару объектінің тәртібі); $Y(t)$ – r өлшемді шығыс сигналдардың вектор-функциясы, r=m=1 жағдайы бір өлшемді объектіге сәйкес келеді. Бір өлшемді жүйелер үшін, келесі түрдегі тапсыру функциясынан ауысады:

$$W(s) = \frac{b_{n-1}s^{n-1} + \ldots + b_1 s + b_0}{s^n + a_{n-1}s^{n-1} + \ldots + a_1 s + a_0},$$

Түсініктерге ауыспалы күйлерде келесі формулалар бойынша орындалуы мүмкін:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \ldots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \ldots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \ldots & 1 \\ -a_0 & -a_1 & -a_2 & \ldots & -a_{n-1} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{C} = \left[b_0; b_1; \ldots; b_{n-1}\right],$$

Объект күйінің теңдеулері үшін басқару $u(t)$ = -$KX(t)$ өрнекпен сипатталады, мұндағы K– кері байланыстың коэффициенттер векторы.

Осылайша, реттегішпен тұйықталған жүйе келесі түрге келеді:

$$\frac{dX(t)}{dt} = (A - BK)X(t).$$

Аккерманмен [12] K коэффициенттерді табу үшін мына формула ұсынылған болатын.

$$K = [0..0...0...1] \cdot [B..AB..AB^2...A^{n-1}B]^{-1} \times [A^n ... \beta_{n-1}A^{n-1} ... \beta_1 A ... \beta_0]$$

мұндағы βi – (A– BK) матрицасының сипаттық полином коэффициенттері. Модальды синтез есебі ауыспалы процесстің берілген параметрлері қамтамасыз етілетін тұйық жүйенің сипаттық полиномындағы қалаулы түбірлерін таңдауға әкеледі.

Модальды басқару тәсілі X күйіндегі вектордың барлық құраушылары өлшенетіндігін болжайды. Алайда, тәжірибеде кейбір құраушылар бір қатар себептен белгісіз болуы мүмкін:

– өлшеу құралдары жеткіліксіз болғандықтан;

– X векторының кейбір құраушылары тікелей өлшемге жатуы мүмкін және т.б.

Алайда, егер жүйе бақылаушы болып табылса, онда X вектордың барлық құраушылары Y вектордың бақылауы бойынша қалпына келуі мүмкін. A және C матрицаларымен сипатталатын жүйе бақылаушы болып табылады, T ақырғы уақыты болған кезде, $X(0)$ бастапқы күйі $y(t)$ шығыс айнымалыны бақылау нәтижесінде анықталады.

Жүйенің бақылауын келесі шартпен сипатталады:

$$rank \quad [C;..CA;..CA^2;....CA^{n-1}]^T = n$$

Бір шығысы бар және бір кірісі бар жүйе үшін басқару матрицасы келесі түрде болады:

$$[C;..CA;..CA^2;...CA^{n-1}]^T$$

Егер осы матрицаның детерминанты нөлден кіші болса, онда жүйе бақыланатын болады.

Объектінің күй векторының барлық құраушыларын білу үшін келесі модельді пайдалануға болады:

$$\frac{dX'(t)}{dt} = AX'(t) + BU(t).$$

мұндағы $X^{'}(t)$ объектінің күйін бағалау. Объектінің бастапқы күйі мен модельдер сәйкес келсе және модель объектіге парапар болса, онда уақыттың кез-келген мезетінде, $X^{'}(t) = X(t)$ деп болжауға болады.

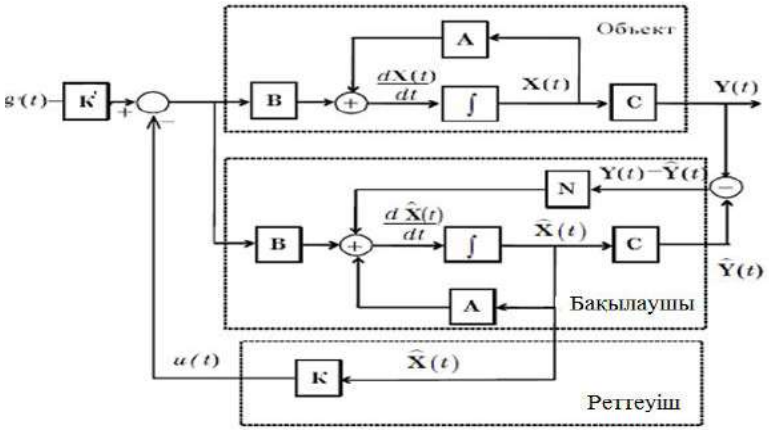
Объект пен модельдің толық парапар болуын орындау іс жүзінде мүмкін емес. Сондықтан, тәжірибеде келесі шарттарды орындауға тырысамыз:

$$\lim_{t \longrightarrow \infty} X^{'}(t) = X(t)$$

Осыған ұқсас қасиетке асимптотикалық бақылаушы құрылғылар ие. Асимптотикалық бақылаушы құрылғы күй векторын қалпына келтіру қателігі бойынша кері байланысты қолданады, сондықтан бақылаушы құрылғының жұмысы келесі теңдеумен сипатталады:

$$\frac{dX^{'}(t)}{dt} = AX^{'}(t) + BU(t) + N(Y - CX^{'}(t)),$$

мұндағы ***N***– бақылаушы құрылғының параметрлер матрицасы. Бақылаушысы бар басқару жүйесінің жалпы көрінісі 1-суретте көрсетілген.



Сурет 1. Бақылаушысы бар тиімді басқару жүйесінің құрылымы

(*N*) бақылаушының және (*K*) реттегіштің параметрлері бір-біріне тәуелсіз есептелуі мүмкін. Бақылаушыдағы процесстер жүйедегі ауыспалы процесстен жылдам орындалуға тиіс. Бақылаушы жүйенің жылдам әрекетінен 2-4 есе артатындай жылдам әрекет ету қасиетіне ие болуға тиіс. Модальды басқару тәсілі белгіленген қателікті нөлге теңестіруге кепілдік бермейтіндігін байқаған жөн. Белгіленген әрекеттің және жүйенің шығыс дабылының теңдігін қамтамасыз ету үшін, белгіленген режимде масштабтау коэффициенті немесе k_0 түзету құралы енгізіледі. Бақылаушысы бар модальды реттегіштің тұрақтылық саласы үшін MatLab пакетінің көмегімен *(K)* күйге келтіру және (*N*) бақылаушының параметрлеріне есеп жүргізіледі.

Зерттелетін объект ретінде келесі түрде тербелу буынын таңдаймыз: W(s) = 5/ $10s^2$ +6s+1. Аталған буын автоматты реттеуіш жүйесінде кең таралған ауыспалы үрдісін сипаттайды.

MatLab программасының операторларын пайдаланып, келесіні аламыз:

$$A = \begin{bmatrix} -0{,}67 \ldots\ldots -0{,}42 \\ 1 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 0 \end{bmatrix},\ B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix},\ C = \begin{bmatrix} 0 \ldots\ldots 0{,}83 \end{bmatrix}$$

Қалаулы полюстер (апериодтық үрдісті болжайтын) *P* = [-0,32 -0.54] векторымен берілген. MatLab пакетте бір өлшемді жүйенің (Аккерман формуласына сәйкес) қалаулы полюстер орналасуын қамтамасыз етуге болатын acker функциясы бар:

k = acker (*A*, *B*, *P*),

мұндағы *A* және *B*– жүйенің матрицалары; *P*– жүйедегі полюстердің қалаулы орналасуын беретін. Есептеулер $K_{1,2}$ = 0,17 екендігін көрсетеді.

Осылайша, басқару келесі түрде қалыптасты:

$$U(t) = -KX(t) = -\,[0{,}17\ \ 0{,}17] \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} = -0{,}17\, x_1(t) - 0{,}17\, x_2(t). \qquad (1)$$

Түзету құралының k_o мәнін анықтау үшін күй теңдеуін келесі түрде жазып аламыз:

$$\begin{bmatrix} x'_1(t) \\ x'_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0{,}67 \ldots\ldots -0{,}42 \\ 1 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} [\, u + k_0 g], \qquad (2)$$

(1)-ге (2) теңдеуді қойып, алатынымыз:

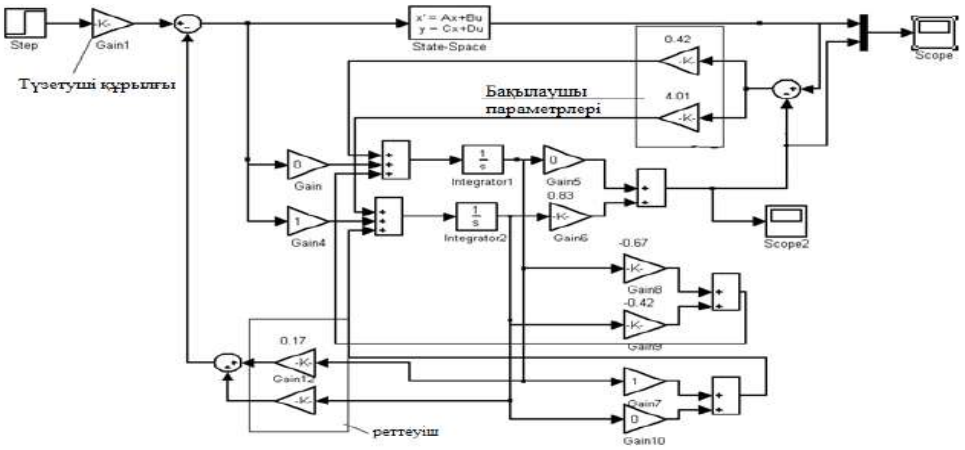
$$\begin{bmatrix} x'_1(t) \\ x'_2(t) \end{bmatrix} = \left[-0{,}84x_1 - 0{,}59x_2 + k_0 g \right] \qquad (3)$$

$$y = CX = [0 \;\; 0{,}83] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = 0{,}83\, x_2$$

Белгіленген режимде $x'_1 = x'_2 = x_1 = 0$ және $y = g = 1$ шарты орындалады, демек, (3)-ден $k_0 = 0{,}59$ екендігі анықталады. Аталған мәнге тапсырма дабылы көбейтіледі.

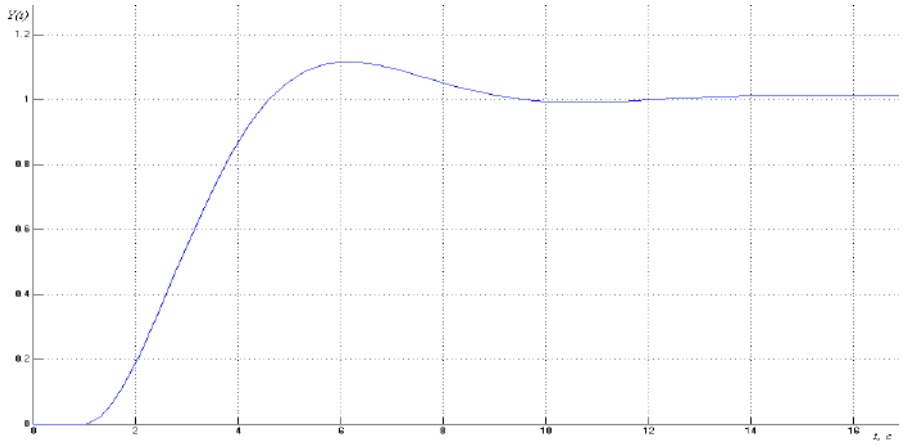
Жоғарыда сипатталған acker функциясы зерттелетін жүйенің (N) бақылаушының кері байланыс коэффициенттер есебі үшін қолданылуы мүмкін. Ол үшін A матрицаны тасымалдау және B на C^T: N= acker(A', C', P) ауыстыру қажет. Программа келесі мәнді шығарады: N = [0, 42; 4,01].

Алынған мәндерді қабылдау үшін MatLab (Simulink) программасында компьютерлік тәжірибе жасалды (сурет 2).



Сурет 2. Бақылаушысы және екінші ретті инерциялық объектісі бар модальды реттегіш (компьютерлік үлгі)

Объектінің шығысындағы ауыспалы үрдіс сурет 3 көрсетілген.



Сурет 3. Тапсыру арнасы бойынша реттеудің ауыспалы үрдісі

Сурет 3 көрініп тұрғандай, үрдіс $T_р$ = 9 с. Реттеу уақыты бар апериодты болып табылады, бұл күтілетін жағдайларға толықтай сәйкес келеді.

Тиімді басқару есебі. Функционалды минимизациялау талап етіледі

$$J(u) = 0.5\sum_{i=1}^{l}\int_{0}^{T}(k_i y_i^2 + r_i u_i^2)\exp\{\gamma_i t\}dt + \Lambda(x(T), y(T)), \tag{4}$$

келесі шарттарда:

$$\frac{dx_i}{dt} = y_i, \quad \frac{dy_i}{dt} = -\lambda_i y_i - f_i(x) + b_i u_i,$$
$$x_i(t_0) = x_{i0}, \qquad y_i(t_0) = y_{i0}, \qquad i = \overline{1,l}, \qquad t \in (t_0, T) \tag{5}$$
$$x(t), \qquad y(t) : (t_0, T) \to R^l,$$

мұндағы $\{x_i, y_i\}_{i=1}^{l}$ басқару $\{u_i\}_{i=1}^{l}$ жүйесінің күйі; $\{f_i(x)\}_{i=1}^{l}, \Lambda(x, y)$ – берілген үздіксіз дифференциалданатын функция, $f_i(x)$ – келесі интегрициялау шартын қанағаттандырады:

$$\frac{\partial f_i(x)}{\partial x_k} = \frac{\partial f_k(x)}{\partial x_i}, \quad \forall i \neq k; \tag{6}$$

T уақыты моменті және $\{x_{i0,} y_i\}$ бастапқы күй берілді деп санаймыз; $r_i, \gamma_i, \lambda_i, k_i$ – оңды тұрақтылар: терминалдық мәндер $x(T), y(T)$ алдын ала берілмеген.

Егер $f_i(x), i = 1,...l,$ функциялары тиісті түрде анықталса, сызықтық емес Коши есебі (4) -(5) синтез мәселесі тиімді басқарудың маңызды практикалық мәселесі болып табылатын электр энергиялық жүйені модельдейді.

Қорытынды. Осы мақалада қарапайым дифференциалдық теңдеулердің сызықты емес жүйесінің оңтайлы басқару міндеттерін екі түрлі жағдайда қарастырамыз. Зерттелетін модель электр энергетикалық жүйелердегі басқару процестерін сипаттайды. Ұсынылған шешім әдістері Кротовтың жеткілікті оптималды жағдайына негізделген экстремалды проблемаларды кеңейту қағидатын ұстанды. Сандық эксперименттер іске асырылған алгоритмдердің жеткілікті тиімділігін көрсетті. Сондай-ақ, MatLab пакеті имитациялық эксперименттер жүргізу негізінде модальды басқару теориясы мен Кальман сүзгісі әдістерін іске асыру сандық оңтайлы БҚА тиімділігін көрсетеді. Эксперименттер өтпелі сапасының көрсеткіштері оңтайлы БҚА басқару объектілерін күрделі берілген мәндерге сәйкес және табысты энергетикалық салалары үшін орталарын талап бойынша іске асырылатын болады деп көрсетті.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1 Блехман И.И. Синхронизация динамических систем. М.: Наука, 1971. 896с.

2 Blekhman I.I., Fradkov A.L. On general definitions of synchronization// In: Selected topics in vibrational mechanics. Ed. I.I. Blekhman, Singapore, World Scientific. 2004. P.179-188.

3 Горев А.А. Переходные процессы синхронной машины. М.: Наука, Ленинградск. Отд-ние, 1985. 502с.

4 Портнягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е.Ф. Математическая теория оптимальных процессов. М.: Наука, 1983. 392с.

5 Lions P.-L. Generalized solutions of Hamilton-Jacobi equations. Pitman Advances Publishing Program, Boston-London-Melbourne. 1982. 317p.

6 Kalimoldayev M.N., Jenaliyev M.T., Abdildayeva A.A. and Elezhanova Sh. K. Construction of algorithms for numerical solution in optimal control problems for complex power systems // International Conference on advancements in mathematical sciences. – Antalya, Turkey. –2015. – P. 101.

7 Kalimoldayev M.N., Jenaliyev M.T., Kopbosyn L.S., Abdildayeva A.A. The optimal control problems of nonlinear systems // ICINCO - 12th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics. – Colmar, Alsace, France. –2015. – P. 184-189.

8 Kalimoldayev N., Muvasharkhan T. Jenaliyev, Asel A. Abdildayeva, and Leila S. Kopbosyn On the optimality one power system // AIP Conference Proceedings 1611, 194 (2014); doi: 10.1063/1.4893830 // http://dx.doi.org/10.1063/1.4893830

9 Жарков П. В. Оптимизация динамических процессов в котельном агрегате с использованием его нелинейной математической модели / П. В. Жарков, А. М. Клер // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 1 (53). – С. 41–49.

10 Михайленко В. С. Анализ эффективности модального регулятора с наблюдателем при нахождении объекта в условиях неопределенности / В. С. Михайленко // Автоматизация судовых технических средств. Выпуск 17. – 2011. – ОНМА, – С. 73-80.

11 Пакет TRACE MODE // http://www.tracemode.ua/

12 Методы классической и современной теории автоматического управления. Учебник в 3-х томах / Под.ред. Н.Д. Егупова. М.: Из-во МГТУ им.Баумана, 2010.

УДК 519.17 : 51:37.016
ГРНТИ 27.45.17 : 27.01.45

С.Ж. Каратабанова[1]

[1]к.ф.-м.н., доцент Алматинского филиала Санкт-Петербургского университета профсоюзов, г. Алматы, Казахстан

ПОНЯТИЕ ОБРАТНОЙ ТЕОРЕМЫ В МАТЕМАТИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

Аннотация

Школьная математика как формализованная дисциплина предъявляет всё более высокие требования к строгости рассуждений. При изучении прямой и обратной теоремы у обучаемых могут возникать принципиальные вопросы. В этой связи предлагается преподавателям быть готовыми либо подчеркивать имеющиеся логические нюансы, либо допустить упрощенное изложение учебного материала. При этом следует руководствоваться уровнем подготовленности аудитории. Автором предлагается ввести в школе как обязательный элемент логической грамотности технику опровержения высказываний и также способ доказательства приведением к абсурду. Кроме того, повысить уровень формализации математики в ВУЗе можно знакомствам с методом доказательства исключением.

Ключевые слова: преподавание математики, логическое следование, парадоксы импликации, закон контрапозиции, теорема Гаубера, формальная логика.

Аңдатпа

С.Ж. Каратабанова[1]

МАТЕМАТИКАЛЫҚ БІЛІМ БЕРУДЕГІ КЕРІ ТЕОРЕМАНЫҢ ТҰЖЫРЫМЫ

[1]ф.м.-ғ.к., доцент, Санкт-Петербург кәсіподақтар университетінің Алматы филиалы, Алматы қ., Қазақстан

Мектеп математикасы формализацияланған тәртіп ретінде, дәлелдеудің қатаңдығына деген жоғары талаптарды талап етеді. Тікелей және кері теормаларды оқып үйрену барысында студенттерде принципиалды сұрақтар болуы мүмкін. Осыған байланысты, мұғалімдер логикалық нюанстарды ерекшелеуге немесе оқу материалдарын ұсыну барысында оңайлатуға мүмкіндік беруге дайын. Ол тыңдаушылардың дайындық деңгейін басшылыққа алу керек. Автор логикалық сауаттылықтың міндетті элементі ретінде тұжырымдарды жоққа шығару техникасын, сондай-ақ абсурдтыққа жету арқылы дәлелдеу әдісін мектепте енгізуді ұсынады. Бұдан басқа, университетте математиканы формализациялау деңгейін жоғарылату үшін ерекше жағдайда жоққа шыгаруды дәлелдеу әдісімен таныса аласыз.

Түйін сөздер: математиканы оқыту, логикалық салдары, импликацияның парадокстары, қарама-қайшылық туралы заң, Gauber теоремасы, ресми логика.

Abstract

THE CONCEPT OF THE INVERSE THEOREM IN MATHEMATICAL EDUCATION

Karatabanova S.Zh.

Candidate of physico-mathematical sciences, associate professor of Almaty branch St. Petersburg University of Trade Unions, Almaty, Kazakhstan

School mathematics as a formalized discipline makes ever higher demands on the rigor of reasoning. In studying direct and inverse theorems, students may have fundamental questions. In this regard, teachers are encouraged to be ready to either emphasize the existing logical nuances, or allow a simplified presentation of the educational material. It should be guided by the level of preparedness of the audience. The author proposes to introduce in the school as an obligatory element of logical literacy the technique of refuting utterances and also the method of proof by bringing to

absurdity. In addition, to increase the level of formalization of mathematics in the university you can get acquainted with the method of proving the exception.

Key words: the teaching of mathematics, logical implication, the paradoxes of implication, the law of contraposition, the Gauber theorem, formal logic.

Введение

Процесс формирования логической культуры у изучающих математику требует от преподавателя учёта сопутствующих ему методических трудностей. Такого рода проблемы могут возникнуть при использовании естественного языка, на котором написан математический текст, а также при подключении формальной логики или даже элементов символической логики. Кроме того, они неизбежны при стремлении к лучшему пониманию математики со стороны слушателей.

Наиболее запутанной может показаться ситуация вокруг отношения следования. И если для преподавателя парадоксальность импликации смягчается различением им речи обыденной и формализованной, то для учащегося логика, лишённая наглядности, может породить чувство непостижимости самой точной из наук.

Ниже в статье будут названы некоторые не лежащие на поверхности логические особенности математики, которые влияют на понимание в результате присоединения добавочного абстрагирования. Начнём установления договоренностей о понятии следования, а именно речь пойдёт о разнице между логическим следованием и импликацией. Обозначим для высказываний A и B речевой оборот «из A следует B» через $A \Rightarrow B$, а похожее только внешне словосочетание «если A, то B» через $A \to B$, и подчеркнём имеющуюся между символами разницу. Если отношение следования $A \Rightarrow B$, определённое на множестве всех высказываний, при ложном A никакого смысла вообще не имеет, то для операции импликации $A \to B$ при ложном A полученная формула является истинным высказыванием. В учебниках по математике зачастую эту разницу не отмечают, и не разъясняют, что выполнение отношения $A \Rightarrow B$ означает: при истинном A обязательно истинно B. С другой стороны, истинность высказывания $A \to B$ определяется так, что-либо A ложно, либо B истинно. Различие этих двух понятий можно проиллюстрировать примером из алгебры: $x=x+1 \to 0=1$. По определению здесь имеется истинное высказывание. Что же касается отношения следования $x=x+1 \Rightarrow 0=1$, то с точки зрения теории множеств, оно не выполняется, поскольку $x \in \varnothing$.

Тем не менее стоит обсудить, что бывает, когда проблемы операции импликации ошибочно переносятся на отношение следования, и особенно при использовании процедуры обращения для $\Rightarrow$ и $\to$

Если заменить A на B и B на A, и если $B \Rightarrow A$ путать с $B \to A$, то можно наблюдать нестыковки.

Пример I. Формула $(A \to B) \vee (B \to A)$ в классической двузначной логике является тавтологией. Для проверки этого достаточно вспомнить таблицу истинности. Равенство $A \to B = л$ верно только при A=и, B=л. С другой стороны, равенство $B \to A = л$ верно только при B=и, A=л. Получается, что такая дизъюнкция не реализуема для двух ложных слагаемых. Итак, если посмотреть на понятие теоремы как на предложение $A \to B$ с импликацией вместо следования, то получается, что если прямая теорема не истинна, то обратная обязательно будет истинна именно это звучит очень странно, достаточно вспомнить о признаках делимости. Если число делится на 2, то оно делится на 5. Если число делится на 5, то оно делится на 2. Дизъюнкция истинных импликаций истинна, но переносить такие рассуждения на отношение следования означает получить странность, называемую одним из парадоксов импликации.

Пример II. Два утверждения $A \to (B \to C)$ и $AB \to C$ равносильны. Можно ожидать, что обратные им утверждения тоже будут равносильны друг другу. Но проверка по таблицам истинности для формул $(B \to C) \to A$ и $C \to AB$ обнаружит разницу значений хотя бы при A=л, B=л, C=л, а именно $л \neq и$. Остается выбрать? какая из двух формул (или даже ни одна из них) является обратным утверждением для первоначальной пары.

В методической литературе рекомендуют уточнить алгоритм оборачивания теоремы $A \Rightarrow B$ с учетом разъяснительной (кванторной) части, семантических данных, отрицания сложной формулы и прочего.

Пример III. Аналогично рассмотрим отношение равносильности предикатов $A \Leftrightarrow B$ и операцию эквивалентности высказываний $A \leftrightarrow B$. Формула $(A \leftrightarrow B) \leftrightarrow C$ и формула $(A \leftrightarrow B)(B \leftrightarrow C)$ различны, достаточно взять A=и, B=л, C=л.

В школе при объяснении логических переходов нередко используют запись $A\Leftrightarrow B\Leftrightarrow C\Leftrightarrow\ldots$, употребляя для каждой новой пары союз «и», т.е. конъюнкцию. К чему приводит такая вольность? Например, решая уравнения или неравенства? говорят: «Из цепочки равносильностей следует…».

Особенно это практикуют при наличии знака модуля $|x|$ или арифметического корня $\sqrt{x^2}$, которые на следующем шаге убирают. На слух эти неточности кажутся безобидными, но учащимся приходится просто запоминать алгоритм упрощения задачи, не всегда понимая, что логически верно было бы записывать $A\cdot(A\leftrightarrow B)\cdot(B\leftrightarrow C)\cdot(C\leftrightarrow D)\rightarrow D$. Студенты вузов могут это усвоить№

Пример IV. Логический закон контрапозиции требует особого рассмотрения. Он гласит, что высказывания $A\rightarrow B$ и $\neg B\rightarrow\neg A$ равносильны. В школе изучают метод доказательства от противного, когда прямую теорему $A\Rightarrow B$ начинают доказывать с допущения истинности $\neg B$. Затем доказывают истинность теоремы $\neg B\Rightarrow\neg A$, которая является противоположной обратной. На практике же вместо этого часто просто опровергают $\neg B$, т.е. производят доказательство прямой теоремы методом приведения к абсурду. Действительно, преподаватель или автор учебника стремится получить некоторые следствия $\neg B$, противоречащие либо данному условию A, либо какому-нибудь заранее известному математическому факту. Закон контрапозиции фактически не использован в полной мере, а поиск подходящих опровержений $\neg B$ является косвенным доказательством $\neg A$.

Методически здесь наблюдается два недостатка: учащийся не знаком с понятием «опровержение», и кроме этого, по сути используется закон исключенного третьего. Этот закон, утверждающий тавтологичность формулы $A\vee\neg A$, многократно критиковался в XX веке в математических трудах последователей интуиционизма, модальной, релевантной и других неклассических логик. Поэтому в курсе школьной математики может быть предпочтительнее ссылаться на интуитивно очевидные доводы и меньше упоминать закон контрапозиции.

Пример V. В математических учебниках нередко встречается рассуждение, применяющее принцип полной дизъюнкции. Формулировка этого принципа хорошо известна как теорема Гаубера. Для принципа есть и третье название – доказательство исключением. Сформулируем это правило вывода: пусть имеются предложения $A_1\Rightarrow B_1$, $A_2\Rightarrow B_2$, …, $A_n\Rightarrow B_n$. Если списки A_i содержат все возможные попарно несовместимые случаи и списки B_i в свою очередь содержат все возможные попарно несовместимые случаи, то верны и обратные предложения вида $B_i\Rightarrow A_i$.

Например, покажем, как это умозаключение выполняется в случае наличия трихотомии. Если в треугольнике угол α острый, то для его соответственных сторон выполняется неравенство $a^2<в^2+c^2$. Если α прямой, то $a^2=в^2+c^2$. Если α тупой, то $a^2>в^2+c^2$. Понятно, что все три обратные теоремы истинны: из $a^2<в^2+c^2$ следует, что α острый, из $a^2=в^2+c^2$ следует, что α прямой и из $a^2>в^2+c^2$ следует, что α тупой.

Похожие рассуждения можно найти в курсе линейной алгебры. Студенты знакомятся с классификацией систем линейных уравнений, а именно, из теорем Гаусса-Жордана и Кронекера-Капелли имеется три следствия. Если $n=r=R$, то система является совместной определенной; если $n>r=R$, то система является совместной неопределенной; если $r=R-1$, то система является несовместной. Трихотомия здесь присутствует для A_i и для B_i, что позволяет считать доказанными все три обратные теоремы $B_i\Rightarrow A_i$.

При n=2, т.е. в случае дихотомии, теорема Гаубера утверждает, что имеется правило вывода:
$\frac{A_1\rightarrow B_1, A_2\rightarrow B_2, A_1\vee A_2, \neg(B_1B_2)}{(B_1\rightarrow A_1)(B_2\rightarrow A_2)}$.

Открытыми остаются вопросы к методистам: сводимо ли это комбинированное рассуждение к более простым и надо ли всем студентам педагогических вузов знать формулировку этого достаточно наглядного правила?

В заключение можно отметить, что в условиях компьютеризации общества актуальной становится задача развития логической грамотности у молодёжи. Преподаватель, добиваясь от аудитории запоминания математической информации, не может не использовать элементы математической логики для придания строгости рассуждениям но в некоторых ситуациях могут проявиться трудности, которые свойственны самой логике. Прогресс в науках в XXI веке превратил информационное пространство в среду, структурированную для принятия обоснованных решений. Алгоритмы проверки правильности формальных рассуждений выходят на первый план в информатике, и это направление науки рано или поздно повлияет на школьные программы по математике, и потребует соответствующей компетентности от преподавателей.

Список использованной литературы:

1. *Скорубский В.И., Поляков В.И., Зыков А.Г. Математическая логика. – М.: Юрайт, 2016. - 211 с.*

УДК 517.958:57
ГРНТИ 27.35.43

Y. Karibayeva[1]

[1] *student of Master's Programme in Informatics at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*

MODELING OF THE VIRAL DISEASES SPREAD PROBLEM

Abstract

The work is devoted to numerical study of the problems of viral diseases' spread. To describe the course of the disease in a group of people, a mathematical model is used. The mathematical model consists of a system of differential equations. The application of the numerical method makes it possible to predict the course of the disease. A computational algorithm is proposed for solving problems of predicting a course of the disease in a group of people. This group of people was divided into three subgroups, which describe the different stages of the development of the disease. Two possible variants of the development of the disease are considered. Computational calculations were also performed using numerical methods that were implemented using a high-level programming language. The results obtained in the process of mathematical modeling are presented in the form of graphs. The work presents graphs describing the change in the number of people in each of the three subgroups under consideration.

Key words: mathematical modeling, numerical algorithm, model, epidemiology, viral disease.

Аннотация

Е.Қ. Кәрибаева [1]

[1] *магистрант Казахского национального университета имени аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВИРУСНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Работа посвящена численному исследованию задачи распространения вирусных заболеваний. Для описания процесса течения болезни в группе людей используется математическая модель. Математическая модель состоит из системы дифференциальных уравнений. Предлагается вычислительный алгоритм для решения задачи прогнозирования течения заболевания в группе людей. Данная группа людей была поделена на три подгруппы, которые описывают разные стадии развития заболевания. В работе рассмотрены два возможных варианта развития болезни. Также выполнены вычислительные расчёты при помощи численных методов, которые были реализованы с использованием языка программирования высокого уровня. Результаты, полученные в процессе математического моделирования, представлены в виде графиков. В работе представлены графики, описывающие изменение количества людей в каждой из трёх рассматриваемых подгрупп.

Ключевые слова: математическое моделирование, численный алгоритм, модель, эпидемиология, вирусное заболевание.

Аңдатпа

Е.Қ. Кәрибаева [1]

ВИРУСТЫҚ АУРУЛАРДЫҢ ТАРАЛУ ПРОБЛЕМАСЫН МОДЕЛЬДЕУ

[1]*Әль-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, 6М060200 - Информатика мамандығының магистранты, Алматы қ., Қазақстан*

Бұл жұмыс вирустық аурулардың таралу проблемасын сандық зерттеуіне арналған. Адамдардың тобында аурудың барысын сипаттау үшін математикалық модель қолданылады. Математикалық модель дифференциалдық теңдеулер жүйесінен тұрады. Сандық әдістің қолдануы аурудың дамуын болжауға мүмкіндік береді. Адамдар тобында аурудың болжамын бақылау үшін есептеулер алгоритмі ұсынылады. Бұл топ адамның аурудың дамуының әртүрлі кезеңдерін сипаттайтын үш топқа бөлінді. Аурудың дамуының екі ықтимал нұсқасы қарастырылады. Сандық әдіс жоғары деңгейлі бағдарламалау тілін қолдану арқылы енгізілген. Осы мәселені математикалық модельдеу эпидемиологияға арналған қосымша нәтижелерді пайдалануға мүмкіндік береді. Математикалық модельдеу үрдісінде алынған нәтижелер кестелер түрінде берілген. Жұмыста қарастырылып отырған үш топтың әрқайсысының санының өзгеруін сипаттайтын графиктер келтірілген.Жұмыста есептер орындалды, нәтижелер графиктер түрінде көрсетілді.

Түйін сөздер: математикалық модельдеу, сандық алгоритм, модель, эпидемиолгия, вирустық ауру.

Introduction

Epidemiology is a science studying causes, patterns of appearance and spread of mass diseases. Also it studies methods of preventions and treatment of these diseases [1]. Bioinformatics is a science which uses methods of applied mathematics and informatics to solve problems of biology. At present, this science is actively developing as it makes it possible to make the research process more convenient and effective, especially in the processing of large amounts of data. Bioinformatics emerged in the late 80-ies of the last century at the intersection of different sciences, which are biology and computer science. Being an interdisciplinary science bioinformatics finds its application in various fields. Also, bioinformatics methods are used in the epidemiology of various diseases. Mathematical modeling is one of the investigation methods which is used for studying processes in epidemiology. This kind of modeling is very revealing and at the same time economical. For instance, to carry out an experiment it is only necessary to change the input parameters and equations, whereas carrying out experiments in reality requires large physical expenditures and in general is a more time consuming process.

Reducing the incidence of infectious diseases is one of the important social and economic tasks of today's society [2]. The solution to this problem is often associated with a large amount of data that must be stored, processed and transmitted. This process becomes noticeably faster and more convenient since bioinformatics' methods are used. In this context, mathematical modeling can be helpful in process of predicting the dynamics of disease development. The results, in turn, can be used for timely preventive measures, which is one of the most important processes in modern world [3].

Formulation of the problem

Issues of the emergence and spread of diseases have been studied for many years. The ability to predict the epidemic enables scientists to compile and evaluate the plan for vaccination and quarantine measures in a timely manner, which allows reducing the number of cases and the death rate from this disease. Modeling the spread of infectious diseases is a tool that, on the basis of studying the mechanism of the epidemic, allows predicting new outbreaks of the disease and evaluating a strategy for combating it.

Mathematical modeling is a very convenient tool for studying the processes of spreading mass diseases. One of the most well-known systems of differential equations among models spread of disease is the SIR model. The model played an important role in mathematical epidemiology. This model was first proposed by W. O. Kermack and A. G. McKendrick and published in a work «A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics» in 1927 [4-5].

Suppose an infection spreads in a large population and random deviations affecting an epidemic are not significant. Then it is convenient to use the SIR model, which is deterministic and divides the population into separate groups. Each group represents a stage in the epidemic's development. It should be noted, that factors such as birth rate and mortality rate are ignored in the model, since it is assumed that they are much less than rate of infection and recovery.

The speed of individuals' transition from one group to another is determined by the derivative and the whole process is described by a system of differential equations.

W. O. Kermack and A. G. McKendrick divided the entire population into 3 groups:

1) "Susceptible" or S (t) - healthy at time t people who are susceptible to infection;

2) "Infectious" or I (t) - infected patients;

3) "Recovered" or R (t) - people who have been ill with this disease and acquired immunity to it, meaning impossibility of infection or disease transmission (or dead).

The model's name was based on the first letters of English-language names of the groups on which the population was divided. Later it was modified by adding other factors and population groups to the model.

The transition of population's representative occurs as follows:

$$S \rightarrow I \rightarrow R.$$

The population is assumed to be constant and equal to:

$$N=S(t)+I(t)+R(t).$$

The paper considers the following, complicated model of SIR on a time interval ($0 < t \leq T$):

$$\frac{dS}{dt} = -\beta SI + \mu(N - S),$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I - \mu I, \qquad 0 < t \leq T \tag{1}$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I + \mu R.$$

For the first equation the following modifications are made, considering N=S(t)+I(t)+R(t):

$$\frac{dS}{dt} = -\beta SI + \mu(S + I + R - S),$$
$$\frac{dS}{dt} = -\beta SI + \mu(I + R),$$

The initial condition is as follows:

$$S(0) = S^0, R(0) = R^0, I(0) = I^0. \tag{2}$$

Where S, I, R are healthy group of people at the time t; infected patients; people who have immunity, respectively. Here β is the frequency of contacts between individuals, and Nβ indicates the number of contacts per unit of time; 1 / γ - the average duration of the infectious period, μ - the rates of birth and death are the same and are described by a constant coefficient. The SIR model has no analytical solution, but we can conduct numerical simulation for the approximate solution.

It should be mentioned that in general SIR model could be complicated by the next significant factors which have an impact on the course of the epidemic:

- inhomogeneous mixing of individuals making up the population;
- age structure of the population;
- variable infectivity of the disease;
- spatially inhomogeneous distribution of individuals;
- acquisition of immunity through vaccination.

The numerical algorithm.

To solve this system of differential equations, the numerical Euler method is used [6]. We introduce a uniform grid in time, where τ is the time step, N is number of nodes of the time interval ($0 < t \leq T$):

$$\omega = \{t_n = n * \tau, \qquad n = 0, 1, \ldots N, \qquad N * \tau = T\}$$

The system of differential equations (1) is approximated as follows according to Euler's method:

$$\frac{S^{n+1} - S^n}{\tau} = -\beta S^n I^n + \mu(I^n + R^n)$$

$$\frac{I^{n+1} - I^n}{\tau} = \beta S^n I^n - \gamma I^n - \mu I^n \tag{3}$$

$$\frac{R^{n+1} - R^n}{\tau} = \gamma I^n - \mu R^n.$$

By simple transformations we get:

$$S^{n+1} = S^n + \tau(-\beta S^n I^n + \mu(I^n + R^n))$$
$$I^{n+1} = I^n + \tau(\beta S^n I^n - \gamma I^n - \mu I^n)$$
$$R^{n+1} = R^n + \tau(\gamma I^n - \mu R^n)$$

n=0, 1, … N-1

Results of calculations.

In the first variant for calculations, the data were taken as follows:

$\tau = 10^{-5}$,

$S(0) = 50$,

$I(0) = 25$,

$R(0) = 25$,

$\beta = 0.7$,

$\gamma = 0.5$,

$\mu = 0.3$.

Fig. 1 shows the change in the number of people in the S group (healthy at time t) for 3 days. It can be seen from the graph in Figure 1 that the number of healthy people susceptible to infection decreases with time, especially quickly during the first day.

Fig. 2 shows the change in the number of people in group I (infected at time t) for 5 days. The graph in Figure 2 shows that the number of infected people increases during the first 2 days with a further decrease and stabilization of the number of people in this group.

Fig. 3 shows the change in the number of people in the R group (who had recovered at time t) for 5 days. From this graph it follows that the number of people who have recovered, stably increases with time.

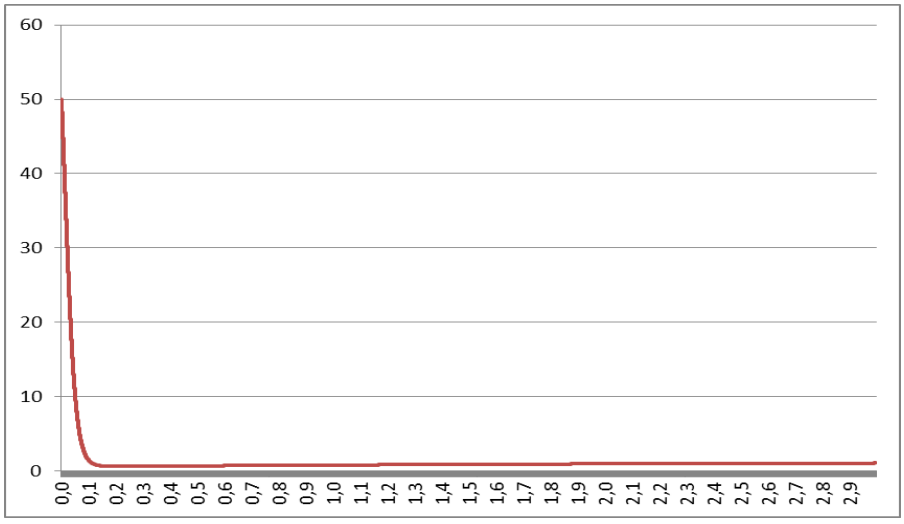


Figure 1. Change in the number of healthy people with an initial value of S = 50 for 3 days.

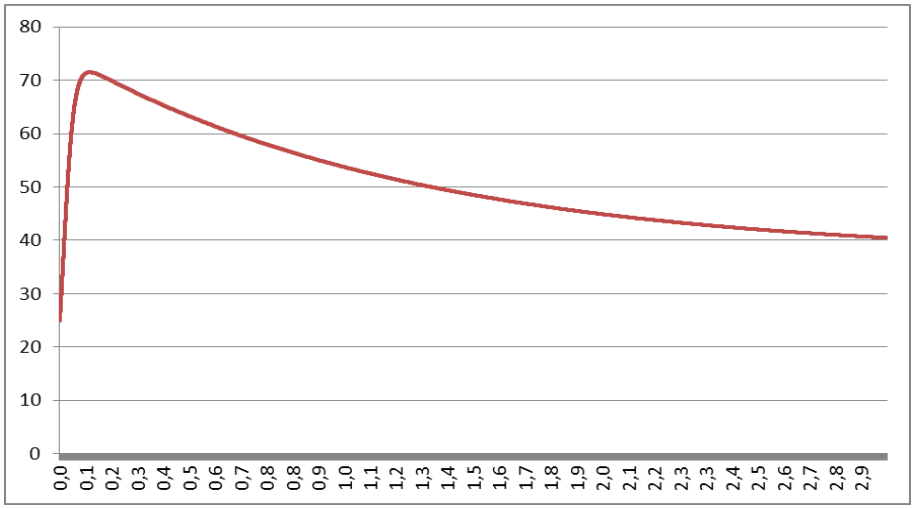


Figure 2. Change in the number of infected people with an initial value of I = 25 for 3 days.

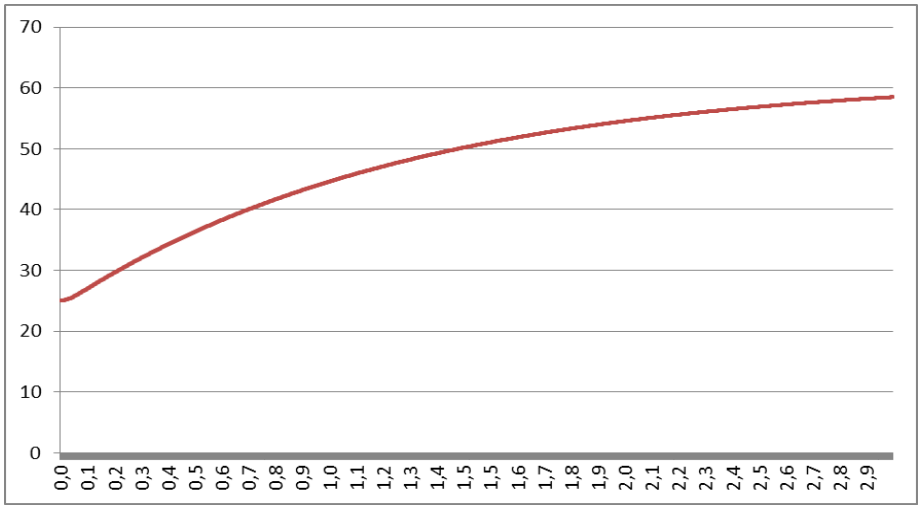


Figure 3. Change in the number of people who recovered with the initial value of R = 25 for 3 days.

In the second variant for calculations, the data were taken as follows:

$\tau = 10^{-5}$,
$S(0) = 70$,
$I(0) = 15$,
$R(0) = 15$,
$\beta = 0.7$,
$\gamma = 0.5$,
$\mu = 0.3$.

Fig. 4 shows the change in the number of people in group S (healthy at time t) for 3 days.
Fig. 5 shows the change in the number of people in group I (infected at time t) for 3 days.
Fig. 6 shows the change in the number of people in the R group (who had recovered at time t) for 3 days.
In the second variant, the dynamics of the change in time of the number of people in the groups under consideration remains the same as in the first variant.

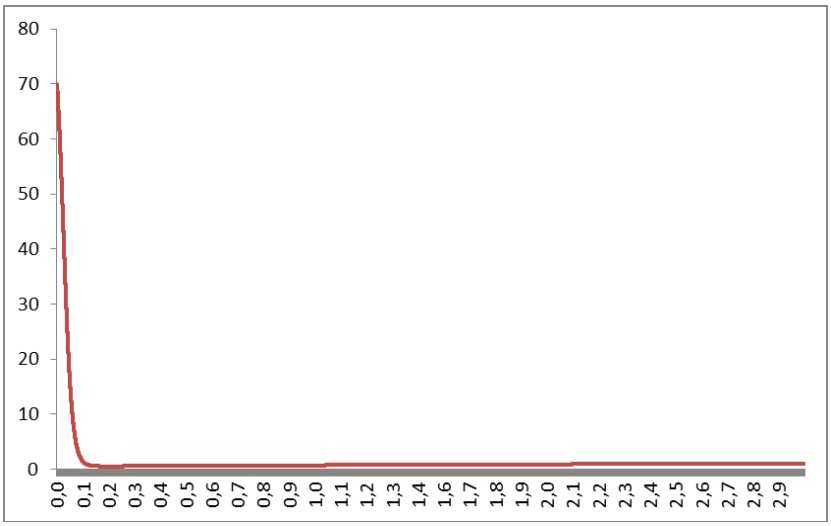


Figure 4. Change in the number of people who recovered with the initial value of S = 70 for 3 days.

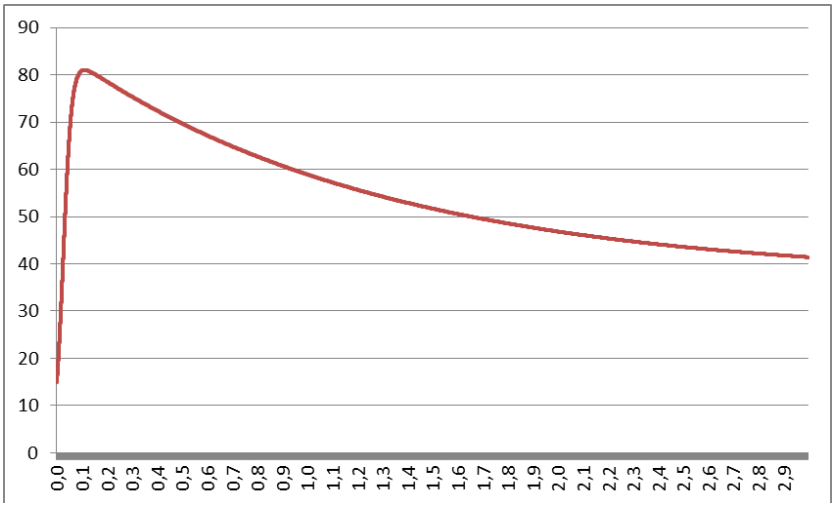


Figure 5. Change in the number of people who recovered with the initial value of I = 15 for 3 days.

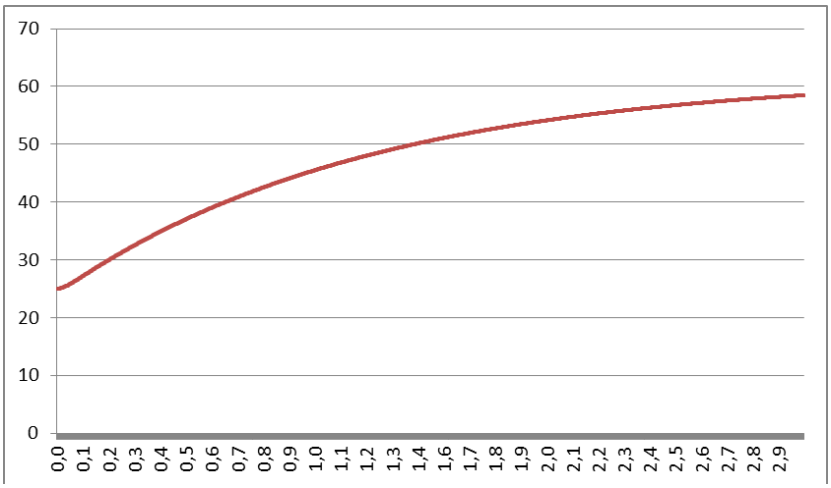


Figure 6. Change in the number of people who recovered with the initial value of R = 15 for 3 days.

The method of investigation of epidemic processes suggested in the work allows to see the process of disease development in a group of people. Due to the graphs it becomes possible to predict the course of infection in different groups of people over time. This information, in turn can be used in epidemiology. For instance, model can help to realize timely preventive measures. Also, this model could be very helpful in the process of working with big amounts of data.

References

1 Kiryanov B.F., Tokmachev M.S.. Mathematical models in health care/ B.F. Kiryanov, M.S. Tokmachev. – Grate Novgorod, 2009. – 305 p.

2 Kondratiev M.A. Development of a model for the spread of infectious diseases based on the agent approach: dissertation for the degree of candidate of technical sciences/ M. A. Kondratiev. – Saint - Petersburg, 2012. – 19 p.

3 Skorkin A.I. Mathematical modeling of biological processes/ A. I. Skorkin. – Kazan, 2015. – 86 p.

4 Kondratiev M.A. Methods of prediction and models of spread of diseases/ M. A. Kondratiev. Computer studies and modeling. – 2013. - № 5. - p. 863–882.

5 Bratus A.S., Novozhilov A.S., Platonov A.P. Dynamic systems and models of biology, 2011. – 436 p.

6 Samarskii A.A., Gulin A.A. Numerical methods. Moscow, 1989. – 432 p.

ГРНТИ 27.31.17
УДК 517.925

А.А. Кульжумиева[1], Н.Б. Жәшім[2]

[1]к.ф.-м.н., доцент Западно-Казахстанского государственного университета им. М. Утемисова, г.Уральск, Казахстан,
[2]магистрант по специальности 6М060100 – Математика Западно-Казахстанского государственного университета им. М. Утемисова, г.Уральск, Казахстан

АНАЛИЗ СУЩЕСТВОВАНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ЛИНЕЙНОЙ ОДНОРОДНОЙ СИСТЕМЫ D_e-УРАВНЕНИЙ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА

Аннотация

В данной заметке исследуется существование периодического решения линейной однородной системы трех дифференциальных уравнений с оператором дифференцирования D_e по направлению главной диагонали пространства временных переменных. Для решения поставленной задачи составляется характеристическое уравнение третьего порядка рассматриваемой линейной однородной системы D_e-уравнений. Собственные значения характеристического уравнения находятся по формуле Кардано. Кроме того предполагается, что собственные значения характеристического уравнения удовлетворяют свойствам 1^0-5^0. Затем приводится анализ решений однородной системы дифференциальных D_e-уравнений в зависимости от собственных значений характеристического уравнения. Выясняются условия периодичности, непрерывной дифференцируемости, разделенности и знакоопределенности собственных значений характеристического уравнения. Задаются начальные условия и устанавливаются коэффициентные достаточные условия существования периодического решения линейной однородной системы D_e-уравнений третьего порядка.

Ключевые слова. Линейная однородная система, дифференциальный оператор, характеристическое уравнение, собственные значения, периодическое решение, коэффициентные достаточные условия.

Аңдатпа

А.А. Кульжумиева[1], Н.Б. Жәшім[2]

ҮШІНШІ РЕТТІ СЫЗЫҚТЫ БІРТЕКТІ D_e-ТЕҢДЕУЛЕР ЖҮЙЕСІНІҢ ПЕРИОДТЫ ШЕШІМДЕРІ БАР БОЛУЫН ТАЛДАУ

[1]ф.-м.ғ.к., М. Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан мемлекеттік университетінің доценті, Орал қ., Қазақстан,
[2]М. Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан мемлекеттік университетінің 6М060100 – Математика мамандығының магистранты, Орал қ., Қазақстан,

Бұл мақалада уақыт айнымалыларының кеңістігінің негізгі диагоналінің бағыты бойынша D_e-дифференциалдау операторлы сызықты біртекті үш дифференциалдық теңдеудің периодты шешімің бар болуы зерттеледі. Қойылған есепті шешу үшін қарастырылатын сызықты біртекті D_e-теңдеулер жүйесінің үшінші ретті характеристикалық теңдеуі құрылады. Характеристикалық теңдеудің меншікті мәндері Кардано формуласы бойынша табылады. Бұдан басқа характеристикалық теңдеудің меншікті мәндері 1^0-5^0 қасиеттеріне қанағаттандырады. Сонан соң характеристикалық теңдеудің меншікті мәндерінен тәуелділікте біртекті дифференциалдық D_e-теңдеулер жүйесінің шешімінің талдау келтіріледі. Характеристикалық теңдеудің меншікті мәндерінің таңба анықтығы мен ажыратылымдылығы, үзіліссіз дифференциалданатындығы, периодтық шарттары анықталады. Үшінші ретті сызықты біртекті D_e-теңдеулер жүйесінің периодты шешімінің бар болуының коэффициенттік жеткілікті шарттары орнатылады және бастапқы шарттары беріледі.

Түйін сөздер. Сызықты біртекті жүйе**,** дифференциалдық оператор, характеристикалық теңдеу, меңшікті мәндер, периодты шешім, коэффициенттік жеткілікті шарттары.

Abstract

ANALYSIS OF THE EXISTENCE OF A PERIODIC SOLUTION

OF A LINEAR HOMOGENEOUS SYSTEM OF THIRD-ORDER D_e -EQUATIONS

A.A. Kulzhumiyeva[1], N.B. Zhashim[2]

[1]Cand.Sci. (Phys-Math), associate professor of the M. Utemisov West-Kazakhstan State University, Uralsk, Kazakhstan,

[2]Student of Master Programme in 6M060100 – Mathematics of the M. Utemisov West-Kazakhstan State University, Uralsk, Kazakhstan

In this note we investigate the existence of periodic solution of a linear homogeneous system of three differential equations with differentiation operator D_e in the direction of the main diagonal of the space of time variables. To solve the problem posed, a third-order characteristic equation is constructed for linear homogeneous system of D_e -equations. The eigenvalues of the characteristic equation are found by the Cardano formula. In addition, it is assumed that the eigenvalues of the characteristic equation satisfy properties 1^0-5^0. Then we analyze the solutions of the homogeneous system of differential D_e -equations, depending on the eigenvalues of the characteristic equation. The conditions for periodicity, continuous differentiability, separation and the sign-definiteness of the eigenvalues of the characteristic equation are found. The initial conditions are given and the coefficient sufficient conditions for existence of periodic solution of the linear homogeneous system of third-order D_e -equations are established.

Key words. Linear homogeneous system, differential operator, characteristic equation, eigenvalues, periodic solution, coefficient sufficient conditions.

Постановка задачи

Рассмотрим линейную однородную систему трех дифференциальных уравнений с временными переменными (τ, t), $\tau \in (-\infty, +\infty) = R$, $t = (t_1, ..., t_m) \in R \times ... \times R = R^m$ и с постоянными на диагонали коэффициентами $a_{ij}(\sigma)$, $(i, j = 1, 2, 3)$ вида

$$\begin{cases} D_e x_1 = a_{11}(\sigma)x_1 + a_{12}(\sigma)x_2 + a_{13}(\sigma)x_3, \\ D_e x_2 = a_{21}(\sigma)x_1 + a_{22}(\sigma)x_2 + a_{23}(\sigma)x_3, \\ D_e x_3 = a_{31}(\sigma)x_1 + a_{32}(\sigma)x_2 + a_{33}(\sigma)x_3, \end{cases} \tag{1}$$

где $D_e \equiv \dfrac{\partial}{\partial \tau} + \sum\limits_{j=1}^{m} \dfrac{\partial}{\partial t_j}$ – дифференциальный оператор, $\sigma = t - e\tau$ – характеристика оператора D_e, $e = (1, ..., 1)$ – m -вектор, $x = (x_1, ..., x_n)$, $(n = 1, 2, 3)$ – искомый вектор.

Предположим, что коэффициенты $a_{ij} = a_{ij}(\sigma)$, $(i, j = 1, 2, 3)$ удовлетворяют следующему условию

$$a_{ij}(\sigma + k\omega) = a_{ij}(\sigma) \in C_{\sigma}^{(1)}(R^m), \quad (i, j = 1, 2, 3), \quad \forall k \in Z^m, \tag{2}$$

где $k\omega = (k_1\omega_1, ..., k_m\omega_m)$ – кратный вектор-период, Z – множество целочисленных векторов.

Запишем однородную систему (1) в скалярной форме

$$D_e x_i = \sum_{j=1}^{3} a_{ij}(\sigma)x_j, \quad j = 1, 2, 3$$

и составим характеристическое уравнение

$$\det\left[A(\sigma) - \lambda E\right] = \det\begin{pmatrix} a_{11}(\sigma) - \lambda & a_{12}(\sigma) & a_{13}(\sigma) \\ a_{21}(\sigma) & a_{22}(\sigma) - \lambda & a_{23}(\sigma) \\ a_{31}(\sigma) & a_{32}(\sigma) & a_{33}(\sigma) - \lambda \end{pmatrix} =$$

$$= -\lambda^3 + \left[a_{11}(\sigma) + a_{22}(\sigma) + a_{33}(\sigma)\right]\lambda^2 - \left(\begin{vmatrix} a_{11}(\sigma) & a_{12}(\sigma) \\ a_{21}(\sigma) & a_{22}(\sigma) \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a_{11}(\sigma) & a_{13}(\sigma) \\ a_{31}(\sigma) & a_{33}(\sigma) \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a_{22}(\sigma) & a_{23}(\sigma) \\ a_{32}(\sigma) & a_{33}(\sigma) \end{vmatrix}\right)\lambda +$$

$$+ \det A(\sigma) = -\lambda^3 + \lambda^2 Sp_1 A(\sigma) - \lambda\, Sp_2 A(\sigma) + Sp_3 A(\sigma) = 0,$$

где E – единичная матрица.

Получим уравнение третьего порядка

$$\lambda^3 - \lambda^2 Sp_1 A(\sigma) + \lambda\, Sp_2 A(\sigma) - Sp_3 A(\sigma) = \lambda^3 + \lambda^2 a(\sigma) + \lambda\, b(\sigma) + c(\sigma) = 0, \quad (3)$$

в котором коэффициенты уравнения $a(\sigma) = -Sp_1 A(\sigma)$, $b(\sigma) = Sp_2 A(\sigma)$, $c(\sigma) = -Sp_3 A(\sigma)$ непрерывно дифференцируемые и ω-периодические.

Уравнение (3) при фиксированном значении $\sigma \in R^m$ разрешимо в поле комплексных чисел и имеет собственные значения вида $\lambda_j(\sigma) = \alpha_j(\sigma) + i\beta_j(\sigma)$, $(j = 1, 2, 3)$.

Поставим задачу об исследовании существования периодического решения системы (1) при условии (2).

Для решения этой задачи будем опираться на результаты работ [1-3].

Выяснение вопроса о свойствах гладкости, периодичности, знакоопределенности и разделенности собственных значений линейной однородной системы D_e-уравнений n-го порядка в общем случае является серьезной проблемой.

Но в общеизвестных частных случаях при $n = 1, 2, 3, 4$ собственные значения уравнения (3) определяются в радикалах и удается решить этот вопрос на основе условий, налагаемых на коэффициенты системы. Поэтому с целью иллюстрации этого рассмотрим случай при $n = 3$.

Анализ решений линейной однородной системы D_e-уравнений третьего порядка

Собственные значения характеристического уравнения (3) можно найти, используя формулу Кардано. Ясно, что хотя $\lambda_1(\sigma)$, $\lambda_2(\sigma)$ и $\lambda_3(\sigma)$ остаются непрерывно ω-периодическими в R^m, но для обеспечения их непрерывной дифференцируемости необходимо наложить дополнительные условия. Кроме того, необходимо, чтобы они удовлетворяли следующим свойствам.

1^0. Непрерывной дифференцируемости: $\lambda_j(\sigma) \in C_\sigma^{(1)}(R^m)$, $j = \overline{1,3}$.

2^0. Периодичности: $\lambda_j(\sigma + k\omega) = \lambda_j(\sigma)$, $j = \overline{1,3}$, $\sigma \in R^m$, $k \in Z^m$.

3^0. Знакоопределенности $\lambda_j(\sigma)$ для каждого $j = \overline{1,3}$:

а) либо $\lambda_j(\sigma) < 0$, $\forall \sigma \in R^m$,

б) либо $\lambda_j(\sigma) = 0$, $\forall \sigma \in R^m$,

в) либо $\lambda_j(\sigma) > 0$, $\forall \sigma \in R^m$.

4^0. Разделенности:

а) либо $\lambda_j(\sigma) \neq \lambda_l(\sigma)$, $\forall \sigma \in R^m$ для $j \neq l$,

б) либо $\lambda_j(\sigma) = \lambda_l(\sigma)$, $\forall \sigma \in R^m$ для $j \neq l$,

т.е. собственные значения имеют постоянную кратность для всех $\sigma \in R^m$.

5^0. При наличии комплексных собственных значений матрицы $A(\sigma)$ каждое из множеств $\{\mathrm{Re}\,\lambda_j(\sigma)\}$ и $\{\mathrm{Im}\,\lambda_j(\sigma)\}$ обладает свойствами 1^0-4^0.

С помощью замены

$$\lambda = \eta - \frac{a(\sigma)}{3} \quad (4)$$

уравнение (3) сведем к неполному кубичному уравнению

$$\eta^3 + p(\sigma)\eta + q(\sigma) = 0, \tag{5}$$

где

$$p(\sigma) = b(\sigma) - \frac{a^2(\sigma)}{3} = Sp_2A(\sigma) - \frac{(Sp_1A(\sigma))^2}{3},$$

$$q(\sigma) = \frac{2a^3(\sigma)}{3} - \frac{a(\sigma)\,b(\sigma)}{3} + c(\sigma) = -\frac{2(Sp_1A(\sigma))^3}{3} + \frac{Sp_1A(\sigma)\;Sp_2A(\sigma)}{3} - Sp_3A(\sigma)\cdot$$

Как известно, если будут найдены собственные значения уравнения (5), то, ввиду (4), мы получим и собственные значения уравнения (3). Уравнение (5) обладает по основной теореме тремя собственными значениями.

Пусть

$$\eta_1(\sigma) = u(\sigma) + v(\sigma) = \sqrt[3]{-\frac{q(\sigma)}{2} + \sqrt{\frac{q^2(\sigma)}{4} + \frac{p^3(\sigma)}{27}}} + \sqrt[3]{-\frac{q(\sigma)}{2} - \sqrt{\frac{q^2(\sigma)}{4} + \frac{p^3(\sigma)}{27}}} \tag{6}$$

любое из этих собственных значений, причем $u(\sigma)v(\sigma) = -\frac{p(\sigma)}{3}$.

О собственных значениях неполного кубичного уравнения можно судить по знаку выражения

$$\frac{q^2(\sigma)}{4} + \frac{p^3(\sigma)}{27} = \frac{1}{4}\left[-\frac{2(Sp_1A(\sigma))^3}{3} + \frac{Sp_1A(\sigma)\;Sp_2A(\sigma)}{3} - Sp_3A\right]^2 + \frac{1}{27}\left[Sp_2A(\sigma) - \frac{(Sp_1A(\sigma))^2}{3}\right]^3,$$

стоящего под знаком квадратного корня.

Если выражение

$$\frac{q^2(\sigma)}{4} + \frac{p^3(\sigma)}{27} > 0 \tag{7}$$

или

$$\frac{1}{4}\left[-\frac{2(Sp_1A(\sigma))^3}{3} + \frac{Sp_1A(\sigma)\;Sp_2A(\sigma)}{3} - Sp_3A\right]^2 > -\frac{1}{27}\left[Sp_2A(\sigma) - \frac{(Sp_1A(\sigma))^2}{3}\right]^3,$$

то в формуле (6) под знаком каждого из квадратных радикалов стоит положительная функция, а под знаком каждого из кубичных радикалов оказываются вещественные функции. Однако кубичный корень имеет одно действительное и два сопряженных комплексных значения.

Итак, собственной значение $\eta_1(\sigma) = u(\sigma) + v(\sigma)$ уравнения (5) оказывается действительным и ω-периодическим. Два других собственных значения мы найдем по следующим формулам

$$\eta_{2,3}(\sigma) = -\frac{1}{2}\big(u(\sigma) + v(\sigma)\big) \pm i\frac{\sqrt{3}}{2}\big(u(\sigma) - v(\sigma)\big),$$

причем коэффициент при мнимой части отличен от нуля, так как $u(\sigma) \neq v(\sigma)$. Собственные значения $\eta_2(\sigma)$ и $\eta_3(\sigma)$ также будут ω-периодическими. А для обеспечения непрерывной дифференцируемости собственных значений необходимо, чтобы наряду с условием (7) выполнялись и условия $-\frac{q(\sigma)}{2} + \sqrt{\frac{q^2(\sigma)}{4} + \frac{p^3(\sigma)}{27}} \neq 0$, $-\frac{q(\sigma)}{2} - \sqrt{\frac{q^2(\sigma)}{4} + \frac{p^3(\sigma)}{27}} \neq 0$.

Таким образом, при условии (7) характеристическое уравнение (3) имеет одно действительное и два сопряженных комплексных собственных значения.

Если выражение

$$\frac{q^2(\sigma)}{4} + \frac{p^3(\sigma)}{27} = 0 \tag{8}$$

или

$$\frac{1}{4}\left[-\frac{2(Sp_1A(\sigma))^3}{3} + \frac{Sp_1A(\sigma)\;Sp_2A(\sigma)}{3} - Sp_3A\right]^2 = -\frac{1}{27}\left[Sp_2A(\sigma) - \frac{(Sp_1A(\sigma))^2}{3}\right]^3,$$

то

$u(\sigma)=\sqrt[3]{-\frac{q(\sigma)}{2}}$, $v(\sigma)=\sqrt[3]{-\frac{q(\sigma)}{2}}$.

Пусть $u_1(\sigma)$ будет действительное значение радикала $u(\sigma)$, тогда $v_1(\sigma)$ также будет действительным числом, причем $u_1(\sigma)=v_1(\sigma)$. Очевидно, что $\eta_1(\sigma)=2u_1(\sigma)$, $\eta_{2,3}(\sigma)=-u_1(\sigma)$ – ω-периодические. Для обеспечения непрерывной дифференцируемости необходимо, чтобы $\frac{q(\sigma)}{2}\neq 0$.

Таким образом, при условии (8) все собственные значения характеристического уравнения (3) действительны, причем два из них равны между собой.

Если, наконец,

$$\frac{q^2(\sigma)}{4}+\frac{p^3(\sigma)}{27}<0 \tag{9}$$

или

$$\frac{1}{4}\left[-\frac{2(Sp_1A(\sigma))^3}{3}+\frac{Sp_1A(\sigma)\,Sp_2A(\sigma)}{3}-Sp_3A\right]^2<-\frac{1}{27}\left[Sp_2A(\sigma)-\frac{(Sp_1A(\sigma))^2}{3}\right]^3,$$

то в формуле (6) под знаком квадратных корней стоят отрицательные действительные функции, поэтому под знаком кубичных радикалов оказываются сопряженные комплексные функции. Среди собственных значений уравнения (5) должен, однако, содержаться хотя бы один действительный. Пусть это будет корень $\eta_1(\sigma)=u_1(\sigma)+v_1(\sigma)$. Нетрудно показать, что $\eta_2(\sigma)$ и $\eta_3(\sigma)$ также будут действительными числами.

Мы получили, что все три собственных значения уравнения (5) действительны, ω-периодичны и непрерывно дифференцируемы, причем среди них нет равных, так как $u_1(\sigma)\neq v_1(\sigma)$.

Таким образом, в случае выполнения условия (9) характеристическое уравнение (3) имеет три различных действительных собственных значения.

Исследуем теперь знакоопределенность собственных значений $\lambda_i=\eta_i-\frac{a(\sigma)}{3}$, $(i=1,2,3)$ характеристического уравнения (3).

При выполнении условий (7) и $u(\sigma)+v(\sigma)>0$ $(u(\sigma)+v(\sigma)<0)$ возможны два случая:

1) $\frac{a(\sigma)}{3}>u(\sigma)+v(\sigma)$ и $\frac{a(\sigma)}{3}>0$, тогда действительное собственное значение будет *знакоотрицательным*, а два сопряженных комплексных собственных значения будут иметь *знакоотрицательные действительные части*;

2) $\frac{a(\sigma)}{3}<u(\sigma)+v(\sigma)$ и $\frac{a(\sigma)}{3}<0$, тогда действительное собственное значение будет *знакоположительным,* а два сопряженных комплексных собственных значения будут иметь *знакоположительные действительные части.*

При выполнении условий (8) и $u_1(\sigma)>0$ $(u_1(\sigma)<0)$ возможны два случая:

1) $\frac{a(\sigma)}{3}>u_1(\sigma)$ и $\frac{a(\sigma)}{3}>0$, тогда действительные собственные значения будут *знакоотрицательными*, причем два из них кратные;

2) $\frac{a(\sigma)}{3}<u_1(\sigma)$ и $\frac{a(\sigma)}{3}<0$, тогда действительные собственные значения будут *знакоположительными*, причем два из них кратные.

При выполнении условий (9) и $u_1(\sigma)+v_1(\sigma)>0$ $(u_1(\sigma)+v_1(\sigma)<0)$ возможны два случая:

1) $\frac{a(\sigma)}{3}>u_1(\sigma)+v_1(\sigma)$ и $\frac{a(\sigma)}{3}>0$, тогда различные действительные собственные значения будут *знакоотрицательными*;

2) $\frac{a(\sigma)}{3} < u_1(\sigma) + v_1(\sigma)$ и $\frac{a(\sigma)}{3} < 0$, тогда различные действительные собственные значения будут *знакоположительными.*

Если выполняются одновременно условия (7) и

$$a(\sigma) = -Sp_1 A(\sigma) = 0,\ u(\sigma) + v(\sigma) = 0, \tag{10}$$

то два собственных значения $\lambda_{2,3}(\sigma)$ будут чисто мнимыми, а первое действительное собственное значение будет равным нулю.

Условия, аналогичные условиям, полученным для системы двух дифференциальных уравнений

$$a(\sigma) = -Sp_1 A(\sigma) = 0,\ b(\sigma) = Sp_2 A(\sigma) = 0,\ c(\sigma) = -Sp_3 A(\sigma) = 0 \tag{11}$$

являются достаточными для того, чтобы система (1) имела только нулевое кратное собственное значение.

Данное исследование примыкает к ранее проведенным исследованиям [4-7] и является их дополнением.

Итак, общее решение однородной системы (1) можно представить в виде

$$\begin{cases} x_1(\tau,\sigma) = x_1^0(\sigma)\,\hat{\gamma}_{11}(\sigma)e^{\lambda_1(\sigma)\tau} + \left[x_2^0(\sigma)\,\hat{\gamma}_{12}(\sigma)\cos\beta(\sigma)\,\tau + x_3^0(\sigma)\,\hat{\gamma}_{13}(\sigma)\sin\beta(\sigma)\,\tau\right]e^{\alpha(\sigma)\tau} \\ x_2(\tau,\sigma) = x_1^0(\sigma)\,\hat{\gamma}_{21}(\sigma)e^{\lambda_1(\sigma)\tau} + \left[x_2^0(\sigma)\,\hat{\gamma}_{22}(\sigma)\cos\beta(\sigma)\,\tau + x_3^0(\sigma)\,\hat{\gamma}_{23}(\sigma)\sin\beta(\sigma)\,\tau\right]e^{\alpha(\sigma)\tau} \\ x_3(\tau,\sigma) = x_1^0(\sigma)\,\hat{\gamma}_{31}(\sigma)e^{\lambda_1(\sigma)\tau} + \left[x_2^0(\sigma)\,\hat{\gamma}_{32}(\sigma)\cos\beta(\sigma)\,\tau + x_3^0(\sigma)\,\hat{\gamma}_{33}(\sigma)\sin\beta(\sigma)\,\tau\right]e^{\alpha(\sigma)\tau} \end{cases} \tag{12}$$

в случае условия (7),

$$\begin{cases} x_1(\tau,\sigma) = x_1^0(\sigma)\,\tilde{\gamma}_{11}(\sigma)\,e^{\lambda_1(\sigma)\tau} + x_2^0(\sigma)\,\tilde{\gamma}_{12}(\sigma)\,e^{\lambda_2(\sigma)\tau} + x_3^0(\sigma)\,\tau\,\tilde{\gamma}_{13}(\sigma)\,e^{\lambda_2(\sigma)\tau} \\ x_2(\tau,\sigma) = x_1^0(\sigma)\,\tilde{\gamma}_{21}(\sigma)\,e^{\lambda_1(\sigma)\tau} + x_2^0(\sigma)\,\tilde{\gamma}_{22}(\sigma)\,e^{\lambda_2(\sigma)\tau} + x_3^0(\sigma)\,\tau\,\tilde{\gamma}_{23}(\sigma)\,e^{\lambda_2(\sigma)\tau} \\ x_3(\tau,\sigma) = x_1^0(\sigma)\,\tilde{\gamma}_{31}(\sigma)\,e^{\lambda_1(\sigma)\tau} + x_2^0(\sigma)\,\tilde{\gamma}_{32}(\sigma)\,e^{\lambda_2(\sigma)\tau} + x_3^0(\sigma)\,\tau\,\tilde{\gamma}_{33}(\sigma)\,e^{\lambda_2(\sigma)\tau} \end{cases} \tag{13}$$

в случае условия (8) и

$$\begin{cases} x_1(\tau,\sigma) = x_1^0(\sigma)\,\gamma_{11}(\sigma)\,e^{\lambda_1(\sigma)\tau} + x_2^0(\sigma)\,\gamma_{12}(\sigma)\,e^{\lambda_2(\sigma)\tau} + x_3^0(\sigma)\,\gamma_{13}(\sigma)\,e^{\lambda_3(\sigma)\tau} \\ x_2(\tau,\sigma) = x_1^0(\sigma)\,\gamma_{21}(\sigma)\,e^{\lambda_1(\sigma)\tau} + x_2^0(\sigma)\,\gamma_{22}(\sigma)\,e^{\lambda_2(\sigma)\tau} + x_3^0(\sigma)\,\gamma_{23}(\sigma)\,e^{\lambda_3(\sigma)\tau} \\ x_3(\tau,\sigma) = x_1^0(\sigma)\,\gamma_{31}(\sigma)\,e^{\lambda_1(\sigma)\tau} + x_2^0(\sigma)\,\gamma_{32}(\sigma)\,e^{\lambda_2(\sigma)\tau} + x_3^0(\sigma)\,\gamma_{33}(\sigma)\,e^{\lambda_3(\sigma)\tau} \end{cases} \tag{14}$$

в случае условия (9).

Решения (12)-(14) при $\tau = 0$ удовлетворяют начальному условию $x_1(\tau,\sigma)\Big|_{\tau=0} = x_1^0(t)$, $x_2(\tau,\sigma)\Big|_{\tau=0} = x_2^0(t)$. В соотношении (13) $x_{11} = \gamma_{11}(\sigma)\,e^{\lambda_1(\sigma)\tau}$, $x_{21} = \gamma_{21}(\sigma)\,e^{\lambda_1(\sigma)\tau}$, $x_{31} = \gamma_{31}(\sigma)\,e^{\lambda_1(\sigma)\tau}$ решение однородной системы (1) с начальным условием $x_{11}\Big|_{\tau=0} = 1,\ x_{21}\Big|_{\tau=0} = 0,\ x_{31}\Big|_{\tau=0} = 0$, а $x_{12} = \gamma_{12}(\sigma)\,e^{\lambda_2(\sigma)\tau}$, $x_{22} = \gamma_{22}(\sigma)\,e^{\lambda_2(\sigma)\tau}$, $x_{32} = \gamma_{32}(\sigma)\,e^{\lambda_2(\sigma)\tau}$ – ее решение с условием $x_{12}\Big|_{\tau=0} = 0,\ x_{22}\Big|_{\tau=0} = 1,\ x_{32}\Big|_{\tau=0} = 0$ и, наконец, $x_{13} = \gamma_{13}(\sigma)\,e^{\lambda_3(\sigma)\tau}$, $x_{23} = \gamma_{23}(\sigma)\,e^{\lambda_3(\sigma)\tau}$, $x_{33} = \gamma_{33}(\sigma)\,e^{\lambda_3(\sigma)\tau}$ – решение с условием $x_{13}\Big|_{\tau=0} = 0,\ x_{23}\Big|_{\tau=0} = 0,\ x_{33}\Big|_{\tau=0} = 1$.

Аналогично определены соотношения (12) и (14) в зависимости от рассмотренных случаев.

Теперь установим условия существования периодического решения однородной системы (1).

Пусть общее решение имеет вид (12), тогда однородная система может допускать ненулевые периодические решения, если выполнены условия (7) и (10). Следовательно, имеем периодическое решение

$$\begin{cases} x_1^*(\tau,\sigma) = x_1^0(\sigma)\,\gamma_{11}^*(\sigma) + x_2^0(\sigma)\,\gamma_{12}^*(\sigma)\cos\beta(\sigma)\,\tau + x_3^0(\sigma)\,\gamma_{13}^*(\sigma)\sin\beta(\sigma)\,\tau \\ x_2^*(\tau,\sigma) = x_1^0(\sigma)\,\gamma_{21}^*(\sigma) + x_2^0(\sigma)\,\gamma_{21}^*(\sigma)\cos\beta(\sigma)\,\tau + x_3^0(\sigma)\,\gamma_{23}^*(\sigma)\sin\beta(\sigma)\,\tau \\ x_3^*(\tau,\sigma) = x_1^0(\sigma)\,\gamma_{31}^*(\sigma) + x_2^0(\sigma)\,\gamma_{32}^*(\sigma)\cos\beta(\sigma)\,\tau + x_3^0(\sigma)\,\gamma_{33}^*(\sigma)\sin\beta(\sigma)\,\tau \end{cases} \quad (15)$$

с произвольными ω-периодическими, дифференцируемыми функциями $x_1^0(\sigma)$, $x_2^0(\sigma)$, $x_3^0(\sigma)$, которые по τ имеют период θ. В остальных случаях однородная система имеет только тривиальное периодическое решение.

Таким образом, приведенный анализ для линейной однородной системы трех D_e-уравнений приводит нас к следующему утверждению.

Теорема. *Если при условии (2) одновременно выполняются два случая (7) и (10), то однородная система (1) имеет нетривиальное периодическое решение вида (15), а в случаях (7)-(9) с соответствующими общими решениями (12)-(14) система (1) не имеет периодических решений, кроме тривиального.*

Отметим, что данное исследование можно обобщить на более общий случай с нелинейностями на основе методов работ [8, 9].

Список использованной литературы:

1 Харасахал В.Х. Почти периодические решения обыкновенных дифференциальных уравнений. - Алма-Ата: Наука, 1970. - 200 с.

2 Умбетжанов Д.У. Почти многопериодические решения дифференциальных уравнений в частных производных. - Алма-Ата: Наука, 1979. - 210 с.

3 Сартабанов Ж.А. Условия периодичности решений дифференциальных систем с многомерным временем // Изв. НАН РК, Сер. физ.–мат., №3. (2004). С. 44-48.

4 Kulzhumiyeva A.A., Sartabanov Zh.A. On multiperiodic integrals of a linear system with the differentiation operator in the direction of the main diagonal in the space of independent variables // Eurasian Mathematical Journal, №1, v. 8. (2017). P. 67-75.

5 Кульжумиева А.А., Сартабанов Ж.А. Периодические с переменным периодом решения систем дифференциальных уравнений многомерного времени // Математический журнал МОН РК, №2(24), т.7. (2007). С.52-57.

6 Кульжумиева А.А., Сартабанов Ж.А. О приводимости линейной D_e-системы с постоянными на диагонали коэффициентами к D_e-системе с жордановой матрицей в случае эквивалентности ее одному уравнению высшего порядка // Вестник Карагандинского университета. Серия математика, №4(84). (2016). С. 88-93.

7 Kulzhumiyeva A.A., Sartabanov Zh.A. Reduction of linear homogeneous D_e-systems to the jordan canonical form // Известия НАН РК. Серия физ-мат., №5(315). (2017). С.5-12.

8 Кульжумиева А.А., Сартабанов Ж.А. Построение периодического решения квазилинейной системы // Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, №6(121). Ч.1. (2017). С.25-29.

9 Кульжумиева А.А., Сартабанов Ж.А. О существовании периодического решения нелинейной D_e-системы // Вестник КазНПУ им. Абая. Серия физико-математические науки. №4(60). (2017). С.56-62.

УДК 517.928.1

ГРНТИ 27.29.23

А.Е. Мирзакулова[1,3], М.Қ. Дауылбаев[2,3]

[1]PhD, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2]ф-.м.ғ.д., профессор, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[3]Математика және математикалық модельдеу институты, Алматы қ., Қазақстан

ҚҰРАҚ-ТҰРАҚТЫ АРГУМЕНТТІ СИНГУЛЯРЛЫ АУЫТҚЫҒАН ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕҢДЕУ ҮШІН КОШИ ЕСЕБІ ШЕШІМІНІҢ АСИМПТОТИКАЛЫҚ ЖІКТЕЛУІ

Аңдатпа

Мақалада жалпыланған түрдегі құрақ – тұрақты аргументті сингулярлы ауытқыған дифференциалдық теңдеу үшін бастапқы есеп қарастырылған. Жұмыс жалпыланған түрдегі құрақ – тұрақты аргументті сингулярлы ауытқыған Коши есебінің $\theta_i \le t \le \theta_{i+1}, \quad i=\overline{0,p}$ кесіндісінде бірқалыпты асимптотикалық шешімін зерттеуге арналған. Шешімнің кіші параметр бойынша кез келген дәлдікпен асимптотикалық шешім құру алгоритмі көрсетілген. Регулярлы мүшелерді анықтайтын бірінші ретті жалпыланған түрдегі құрақ – тұрақты аргументті дифференциалдық теңдеулер үшін бастапқы есептер алынды. Шекаралық қабатты мүшелерді анықтайтын жалпыланған түрдегі құрақ – тұрақты аргументті коэффициенттері тұрақты сызықты біртекті емес дифференциалдық теңдеулер үшін бастапқы есептер алынды. Коши есебі шешімінің асимптотикасының қалдық мүшесінің бағалауы алынды. Қалдық мүшенің асимптотикалық бағалауы көмегімен жалпыланған түрдегі құрақ – тұрақты аргументті сингулярлы ауытқыған Коши есебінің $\theta_i \le t \le \theta_{i+1}, \quad i=\overline{0,p}$ кесіндісінде $O\left(\varepsilon^{N+1}\right)$ дәлдікпен бірқалыпты асимптотикалық шешімі құрылды.

Түйін сөздер: сингулярлы ауытқу, асимптотика, кіші параметр, шекаралық қабатты функциялар, регулярлы мүше, жалпыланған түрдегі құрақ – тұрақты аргумент.

Аннотация

А.Е. Мирзакулова[1,3], М.К. Дауылбаев[2,3]

[1]PhD, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан
[2]д.ф.-м.н., профессор, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан
[3]Институт математики и математического моделирования, г.Алматы, Казахстан

АСИМПТОТИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОШИ ДЛЯ СИНГУЛЯРНО ВОЗМУЩЕННОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЕ С КУСОЧНО-ПОСТОЯННЫМ АРГУМЕНТОМ

В работе рассматривается сингулярно возмущенная начальная задача для линейного дифференциального уравнение с кусочно-постоянным аргументом обобщенного типа. Работа посвящена для изучения равномерного асимптотического решения на отрезке $\theta_i \le t \le \theta_{i+1}, \quad i=\overline{0,p}$ сингулярно возмущенного задачи Коши с кусочно-постоянным аргументом обобщенного типа. Построено с любой степенью точности по малому параметру асимптотическое разложение решений задачи Коши для линейных сингулярно возмущенных дифференциальных уравнений с кусочно-постоянным аргументом обобщенного типа. Получены начальные задачи для линейных дифференциальных уравнений первого порядка с кусочно-постоянным аргументом обобщенного типа, которые определяют регулярных членов. Получены задачи Коши для линейных неоднородных дифференциальных уравнений с постоянным коэффициентом, которые определяют погранслойных членов. Получена оценка асимптотики остаточного члена задачи Коши. С помощью остаточного члена, построено равномерное асимптотическое решение с $O\left(\varepsilon^{N+1}\right)$ точности на отрезке $\theta_i \le t \le \theta_{i+1}, \quad i=\overline{0,p}$ сингулярно возмущенного задачи Коши с кусочно-постоянным аргументом обобщенного типа.

Ключевые слова: сингулярное возмущение, асимптотика, малый параметр, погранслойная часть, регулярная часть, кусочно-постоянный аргумент обобщенного типа.

Abstract

A.E.Mirzakulova[1,3], M.K.Dauylbaev[2,3]
[1]PhD, Abai University, Almaty, Kazakhstan
[2] Dr. Sci. (Phys-Math), Professor, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
[3] Institute of Mathematics and Mathematical Modeling, Almaty, Kazakhstan

ASYMPTOTIC EXPANSION OF THE SOLUTION OF THE CAUCHY PROBLEM FOR SINGULARLY PERTURBED DIFFERENTIAL EQUATION WITH PIECEWISE-CONSTANT ARGUMENT

The article is devoted to research a singularly perturbed initial value problem for a linear differential equation with piecewise-constant argument of generalized type. The paper is devoted to the study of a uniform asymptotic solution on a segment $\theta_i \le t \le \theta_{i+1}, \quad i=\overline{0,p}$ of a singularly perturbed Cauchy problem with piecewise-constant argument of generalized type. Asymptotic expansion of solution of the Cauchy problem for linear singularly perturbed differential equations with piecewise-constant argument of generalized type is constructed with any degree of accuracy with respect to a small parameter. The initial value problem for first order linear differential equations with piecewise-constant argument of generalized type is obtained that determine the regular members. The Cauchy problems for linear nonhomogeneous differential equations with a constant coefficient are obtained, which determine the boundary layer terms. An asymptotic estimate for the remainder term of the solution of the Cauchy problem is obtained. Using the remainder term, we construct a uniform asymptotic solution with accuracy $O(\varepsilon^{N+1})$ on a segment $\theta_i \le t \le \theta_{i+1}, \quad i=\overline{0,p}$ of a singularly perturbed Cauchy problem with piecewise-constant argument of generalized type.

Key words: singular perturbation, asymptotics, small parameter, boundary layer part, regular part, piecewise-constant argument of generalized type.

Құрақ-тұрақты аргументті теориялық және практикалық есептерін жүйелі түрде зерттеу 80 жылдардың басында басталды. Содан бері, математика, биология, инженерлік және басқа салалардағы зерттеушілер құрақ-тұрақты аргументті дифференциалдық теңдеулерге басты назар аударды. Алғаш рет 1982 жылы Бузенберг және Кук [1] құрамында құрақ-тұрақты аргументі бар математикалық модельді қарастырды. Олар жұқпалы ауруларды зерттеу кезінде бірінші ретті сызықты теңдеулерді қарастырды. Осы жұмыс негізінде, айырымдық теңдеулер үшін редукция тәсілімен көптеген авторлар құрақ-тұрақты аргументті дифференциалдық теңдеулердің алуан түрлерін талдады.

Жалпыланған типті құрақ-тұрақты аргументті дифференциалдық теңдеулерді зерттеуді алғаш болып [2,3] жұмыстарында М. Ахмет ұсынған болатын. Қазіргі уақытта бұл теңдеулер кең таралды және теориясының негізі қаланды. М.Ахмет құрған теорияның шеңберінде көптеген жұмыстар жазылды. Теориялық тұрғыда, бұл шенелген шешімнің бар болуы теоремаларына, периодты, периодты дерлік шешімдерге, экспоненциалды дихотомияға, интегралдық беттерге, математикалық физиканың дифференциалдық теңдеулеріне және т.б. қатысты. М.Ахмет алған нәтижелердің қолданылуы жөнінде нейрондық жүйелер саласындағы зерттеулер бойынша көптеген жұмыстар бар [4-13]. Көрсетілген мақалаларда М.Ахметтің мақалаларына, кітаптарына тікелей сілтеме келтірілген және жаңадан кіргізілген теңдеулердің, оларды зерттеулердің теориялық және қолданбалы жетістіктері берілген.

Құрақ-тұрақты аргументті сингулярлы ауытқыған сызықты дифференциалдық теңдеуге қойылған Коши есебін қарастырамыз:

$$\varepsilon y''(t) + A(t)y'(t) + B(t)y(\beta(t)) = F(t) \tag{1}$$

$$y(0,\varepsilon) = \alpha_0, \quad y'(0,\varepsilon) = \alpha_1, \tag{2}$$

мұндағы $\varepsilon > 0$ кіші параметр, α_0, α_1 белгілі шамалар. Құрақ-тұрақты функция $\beta(t) = \theta_i$, егер $t \in [\theta_i, \theta_{i+1}), \quad i=\overline{1,p}, \quad 0 < \theta_1 < \theta_2 < \ldots < \theta_p < T$ түрінде анықталады.

Келесі шарттар орындалсын:

(C1) $A(t), \quad B(t), \quad F(t)$ функциялары $0 \le t \le T$ аралығында үзіліссіз дифференциалданады.

(C2) $A(t) > 0, \quad 0 \le t \le T.$

(1),(2) есебінің шешімі үшін келесі шектік көшулер орындалады [14]:

$$\lim_{\varepsilon \to 0} y(t,\varepsilon) = \bar{y}(t), \quad t \in [\theta_i, \theta_{i+1}) \tag{3}$$

$\lim\limits_{\varepsilon\to 0} y'(t,\varepsilon)=\bar{y}'(t), \quad t\in(\theta_i,\theta_{i+1})$

мұндағы $\bar{y}(t)$ функциясы келесі ауытқымаған есебінің шешімі

$$\begin{cases} A(t)\bar{y}'(t)+B(t)\bar{y}(\theta_i)=F(t) \\ \bar{y}\big|_{t=\theta_i}=\bar{y}(\theta_i) \end{cases}.$$

(3) шектік көшулерден шешім үшін $t=\theta_i$, $i=\overline{1,p}$ нүктесінде бірқалыпты асимптотикалық жіктелу болмайтындығын көруге болады. Мақалада (1), (2) Коши есеп шешімінің кіші параметр бойынша кез келген дәлдікпен бірқалыпты асимптотикалық жіктелуін құру алгоритмі көрсетіледі.

$\theta_i<t<\theta_{i+1}$, $i=\overline{0,p}$ аралығындағы (1), (2) Коши есебі шешімінің формальды асимптотикалық жіктелуін келесі түрде іздейміз:

$$y(t,\varepsilon)=y_\varepsilon(t)+\varepsilon w_\varepsilon^{(i)}(\tau_i), \quad \tau_i=\frac{t-\theta_i}{\varepsilon} \tag{4}$$

мұндағы

$$y_\varepsilon(t)=y_0(t)+\varepsilon y_1(t)+\varepsilon^2 y_2(t)+\ldots+\varepsilon^k y_k(t)+\ldots \tag{5}$$

$$w_\varepsilon^{(i)}(\tau_i)=w_0^{(i)}(\tau_i)+\varepsilon w_1^{(i)}(\tau_i)+\varepsilon^2 w_2^{(i)}(\tau_i)+\ldots+\varepsilon^k w_k^{(i)}(\tau_i)+\ldots \tag{6}$$

(5) қатары асимптотиканың *регулярлы бөлігі*, ал (6) қатары асимптотиканың *шекаралық қабатты бөлігі* деп аталады.

(4) функцияны (1) теңдеуге қойып, нәтижеде келесі теңдікті аламыз:

$$\varepsilon\left(y_\varepsilon''(t)+\frac{\varepsilon}{\varepsilon^2}\ddot{w}_\varepsilon^{(i)}(\tau_i)\right)+A(t)\left(y_\varepsilon'(t)+\frac{\varepsilon}{\varepsilon}\dot{w}_\varepsilon^{(i)}(\tau_i)\right)+B(t)\left(y_\varepsilon(\theta_i)+\varepsilon w_\varepsilon^{(i)}(0)\right)=F(t). \tag{7}$$

(7) теңдеуінен t және τ_i айнымалыларынан тәуелді теңдеулерді бөлек жазамыз:

$$\varepsilon y_\varepsilon''(t)+A(t)y_\varepsilon'(t)+B(t)y_\varepsilon(\theta_i)=F(t), \tag{8}$$

$$\ddot{w}_\varepsilon^{(i)}(\tau_i)+A(\theta_i+\varepsilon\tau_i)\dot{w}_\varepsilon^{(i)}(\tau_i)+\varepsilon B(\theta_i+\varepsilon\tau_i)w_\varepsilon^{(i)}(0)=0. \tag{9}$$

(8) теңдеуіне (5) қатарын қоямыз:

$$\begin{aligned}&\left(y_0''(t)+\varepsilon y_1''(t)+\ldots+\varepsilon^k y_k''(t)+\ldots\right)+A(t)\left(y_0'(t)+\varepsilon y_1'(t)+\ldots+\varepsilon^k y_k'(t)+\ldots\right)+\\&+B(t)\left(y_0(\theta_i)+\varepsilon y_1(\theta_i)+\ldots+\varepsilon^k y_k(\theta_i)+\ldots\right)=F(t).\end{aligned} \tag{10}$$

(10) теңдеудің екі жағындағы бірдей дәрежелі кіші параметрдің алдындағы коэффициенттерді теңестіріп, $y_k(t)$, $k=0,1,\ldots$ функцияларын анықтайтын теңдеулер тізбегін аламыз:

$$\varepsilon^0: \quad A(t)y_0'(t)+B(t)y_0(\theta_i)=F(t), \tag{11_0}$$

$$\varepsilon^1: \quad A(t)y_1'(t)+B(t)y_1(\theta_i)=-y_0''(t), \tag{11_1}$$

$$\varepsilon^k: \quad A(t)y_k'(t)+B(t)y_k(\theta_i)=-y_{k-1}''(t). \tag{11_k}$$

$A(\theta_i+\varepsilon\tau_i)$, $B(\theta_i+\varepsilon\tau_i)$ функцияларын ε дәрежесі бойынша θ_i нүктесінің маңайында Тейлор қатарына жіктейміз:

$$A(\theta_i+\varepsilon\tau_i)=A(\theta_i)+\frac{\varepsilon\tau_i}{1!}A'(\theta_i)+\frac{(\varepsilon\tau_i)^2}{2!}A''(\theta_i)+\ldots+\frac{(\varepsilon\tau_i)^k}{k!}A^{(k)}(\theta_i)+\ldots$$

$$B(\theta_i+\varepsilon\tau_i)=B(\theta_i)+\frac{\varepsilon\tau_i}{1!}B'(\theta_i)+\frac{(\varepsilon\tau_i)^2}{2!}B''(\theta_i)+\ldots+\frac{(\varepsilon\tau_i)^k}{k!}B^{(k)}(\theta_i)+\ldots$$

(9) теңдеуіне (6) қатарын қоямыз:

$$\ddot{w}_0^{(i)}(\tau_i)+\varepsilon\ddot{w}_1^{(i)}(\tau_i)+\ldots+\varepsilon^k\ddot{w}_k^{(i)}(\tau_i)+\ldots+\left(A(\theta_i)+\frac{\varepsilon\tau_i}{1!}A'(\theta_i)+\right.$$
$$\left.+\frac{(\varepsilon\tau_i)^2}{2!}A''(\theta_i)+\ldots+\frac{(\varepsilon\tau_i)^k}{k!}A^{(k)}(\theta_i)+\ldots\right)\left(\dot{w}_0^{(i)}(\tau_i)+\varepsilon\dot{w}_1^{(i)}(\tau_i)+\ldots+\varepsilon^k\dot{w}_k^{(i)}(\tau_i)+\ldots\right)+ \quad (12)$$
$$+\left(B(\theta_i)+\frac{\varepsilon\tau_i}{1!}B'(\theta_i)+\frac{(\varepsilon\tau_i)^2}{2!}B''(\theta_i)+\ldots+\frac{(\varepsilon\tau_i)^k}{k!}B^{(k)}(\theta_i)+\ldots\right)$$
$$\left(w_0^{(i)}(0)+\varepsilon w_1^{(i)}(0)+\ldots+\varepsilon^k w_k^{(i)}(0)+\ldots\right)=0.$$

(12) теңдеудің екі жағындағы бірдей дәрежелі кіші параметрдің алдындағы коэффициенттерді теңестіріп, $w_k^{(i)}(\tau_i),\quad k=0,1,\ldots$ функцияларын анықтайтын теңдеулер тізбегін аламыз:

$$\varepsilon^0:\quad \ddot{w}_0^{(i)}(\tau_i)+A(\theta_i)\dot{w}_0^{(i)}(\tau_i)=0, \quad (13_0)$$

$$\varepsilon^1:\quad \ddot{w}_1^{(i)}(\tau_i)+A(\theta_i)\dot{w}_1^{(i)}(\tau_i)=\Phi_1(\tau_i), \quad (13_1)$$

$$\varepsilon^k:\quad \ddot{w}_k^{(i)}(\tau_i)+A(\theta_i)\dot{w}_k^{(i)}(\tau_i)=\Phi_k(\tau_i), \quad (13_k)$$

мұндағы

$$\Phi_k(\tau_i)=-\sum_{l=1}^{k}\frac{(\tau_i)^{l-1}}{(l-1)!}B^{(l-1)}(\theta_i)w_{k-l}^{(i)}(0)-\sum_{m=1}^{k}\frac{(\tau_i)^m}{m!}A^{(m)}(\theta_i)\dot{w}_{k-m}^{(i)}(\tau_i). \quad (14)$$

(2) бастапқы шарттарды (4) шешімнің асимптотикалық жіктелуіне қойып, бірдей дәрежелі кіші параметрдің алдындағы коэффициенттерді теңестіріп, қажетті шарттарды табамыз:

$$y_0(0)+\varepsilon y_1(0)+\ldots+\varepsilon^k y_k(0)+\ldots+\varepsilon\left(w_0^{(0)}(0)+\varepsilon w_1^{(0)}(0)+\ldots+\varepsilon^k w_k^{(0)}(0)+\ldots\right)=\alpha_0,$$
$$y_0'(0)+\varepsilon y_1'(0)+\ldots+\varepsilon^k y_k'(0)+\ldots+\dot{w}_0^{(0)}(0)+\varepsilon\dot{w}_1^{(0)}(0)+\ldots+\varepsilon^k\dot{w}_k^{(0)}(0)+\ldots=\alpha_1,$$
$$\varepsilon^0:\quad y_0(0)=\alpha_0,\quad \dot{w}_0^{(0)}(0)=\alpha_1-y_0'(0) \quad (15_0)$$
$$\varepsilon^1:\quad y_1(0)=-w_0^{(0)}(0),\quad \dot{w}_1^{(0)}(0)=-y_1'(0) \quad (15_1)$$
$$\varepsilon^k:\quad y_k(0)=-w_{k-1}^{(0)}(0),\quad \dot{w}_k^{(0)}(0)=-y_k'(0). \quad (15_k)$$

Шекаралық қабатты $w_k^{(i)}(\tau_i),\quad k=0,1,\ldots$ функцияларды табу үшін тағы да бір шарт қажет, себебі (13_0)- (13_k) теңдеулердің реті екіге тең. Ол үшін ең алдымен (13_0) теңдеуін $[\tau_i,\infty)$ аралығында интегралдап, $w_0^{(i)}(\infty)=0,\quad \dot{w}_0^{(i)}(\infty)=0$ шартын ескерсек, келесі теңдікті аламыз:

$$w_0^{(i)}(\tau_i)=-\frac{1}{A(\theta_i)}\dot{w}_0^{(i)}(\tau_i). \quad (16)$$

(16) шартына $\tau_0=0$ қойып, қажетті шартты аламыз:

$$w_0^{(0)}(0)=-\frac{1}{A(0)}\left(\alpha_1-y_0'(0)\right). \quad (17)$$

Дәл осылайша,

$$w_k^{(0)}(0)=-\frac{1}{A(0)}\left(-y_k'(0)+\int_0^{\infty}\Phi_k(s)ds\right) \quad (18)$$

шартын табамыз.

Регулярлы мүшелерді анықтайтын есептер

$$\begin{cases}A(t)y_0'(t)+B(t)y_0(\theta_i)=F(t)\\ y_0(0)=\alpha_0\end{cases}, \quad (19_0)$$

$$\begin{cases}A(t)y_1'(t)+B(t)y_1(\theta_i)=-y_0''(t)\\ y_0(0)=-w_0^{(0)}(0)\end{cases}, \quad (19_1)$$

$$\begin{cases} A(t)y_k'(t)+B(t)y_k(\theta_i)=-y_{k-1}''(t) \\ y_k(0)=-w_{k-1}^{(0)}(0) \end{cases}. \qquad (19_k)$$

Шекаралық қабатты мүшелерді анықтайтын есептер

$$\begin{cases} \ddot{w}_0^{(i)}(\tau_i)+A(\theta_i)\dot{w}_0^{(i)}(\tau_i)=0 \\ w_0^{(0)}(0)=-\dfrac{1}{A(0)}\left(\alpha_1-y_0'(0)\right), \\ \dot{w}_0^{(0)}(0)=\alpha_1-y_0'(0) \end{cases} \qquad (20_0)$$

$$\begin{cases} \ddot{w}_k^{(i)}(\tau_i)+A(\theta_i)\dot{w}_k^{(i)}(\tau_i)=\Phi_k(\tau_i) \\ w_k^{(0)}(0)=-\dfrac{1}{A(0)}\left(-y_k'(0)+\displaystyle\int_0^{\infty}\Phi_k(s)ds\right) \\ \dot{w}_k^{(0)}(0)=-y_k'(0) \end{cases}. \qquad (20_k)$$

Бастапқы есеп шешімінің асимптотикасының қалдық мүшесін бағалау

Келесі дербес қосындыны құрайық:

$$y_N(t,\varepsilon)=\sum_{k=0}^{N}\varepsilon^k y_k(t)+\varepsilon\sum_{k=0}^{N}\varepsilon^k w_k^{(i)}(\tau_i), \quad \tau_i=\frac{t-\theta_i}{\varepsilon}, \quad \theta_i<t<\theta_{i+1}, \quad i=\overline{0,p} \qquad (21)$$

мұндағы $N\geq 0$ – бүтін сан, $y_k(t)$, $w_k^{(i)}(\tau_i)$ функциялары сәйкесінше асимптотиканың регулярлы және шекаралық мүшелері.

(21) функцияны (1) теңдеуге қойып, нәтижеде

$$\varepsilon y_N''(t,\varepsilon)+A(t)y_N'(t,\varepsilon)+B(t)y_N(\beta(t))=F(t)+O\left(\varepsilon^{N+1}\right) \qquad (22)$$

теңдігін аламыз. Яғни $y_N(t,\varepsilon)$ функциясы теңдеуді $O\left(\varepsilon^{N+1}\right)$ дәлдікпен қанағаттандырады.

(21) функцияға (2) бастапқы шарттарды қолдансақ,

$$y_N(0,\varepsilon)=\alpha_0+O(\varepsilon^{N+1}), \quad y_N'(0,\varepsilon)=\alpha_1 \qquad (23)$$

шарттарын аламыз.

Дәл шешім мен жуық шешімнің айырмасын

$$R_N(t,\varepsilon)=y(t,\varepsilon)-y_N(t,\varepsilon) \quad \Rightarrow \quad y(t,\varepsilon)=y_N(t,\varepsilon)+R_N(t,\varepsilon) \qquad (24)$$

белгілеуі түрінде енгіземіз. $R_N(t,\varepsilon)$ функциясы *асимптотиканың қалдық мүшесі* деп аталады.

(24) формуладағы $y(t,\varepsilon)$ шешімін (1) теңдеуге қойып, нәтижеде $y_N(t,\varepsilon)$ функциясы (22) теңдеуді және (23) шарттарды қанағаттандыратынын ескерсек, онда $R_N(t,\varepsilon)$ қалдық мүшеге келесі түрдегі есепті аламыз:

$$\varepsilon R_N''(t,\varepsilon)+A(t)R_N'(t,\varepsilon)+B(t)R_N(\beta(t))=O\left(\varepsilon^{N+1}\right), \qquad (25)$$

$$R_N(0,\varepsilon)=O(\varepsilon^{N+1}), \quad R_N'(0,\varepsilon)=0.$$

(25) бастапқы есебінің типі (1), (2) бастапқы есебінің типімен ұқсас болғандықтан, (25) бастапқы есебінің шешіміне шешімнің асимптотикалық бағалауы орындалады:

$$\left|R_N(t,\varepsilon)\right|\leq C\varepsilon^{N+1}+C\varepsilon^{N+2}e^{-\gamma\frac{t-\theta_i}{\varepsilon}}\leq C\varepsilon^{N+1}, \quad \theta_i\leq t\leq\theta_{i+1}, \quad i=\overline{0,p}$$

$$\left|R_N'(t,\varepsilon)\right|\leq C\varepsilon^{N+1}+C\varepsilon^{N+1}e^{-\gamma\frac{t-\theta_i}{\varepsilon}}\leq C\varepsilon^{N+1}, \quad \theta_i\leq t\leq\theta_{i+1}, \quad i=\overline{0,p}.$$

Бұдан шығатын қорытынды: $y_N(t,\varepsilon)$ функциясы $O\left(\varepsilon^{N+1}\right)$ дәлдікпен алынған *асимптотикалық шешім* деп аталады.

Теорема. *Егер (C1),(C2) шарттар орындалса, онда ε кіші параметрінің жеткілікті аз мәнінде (1), (2) Коши есебінің $\theta_i\leq t\leq\theta_{i+1}$, $i=\overline{0,p}$ кесіндісінде $y(t,\varepsilon)$ шешімі бар, жалғыз және*

$$y(t,\varepsilon)=y_N(t,\varepsilon)+R_N(t,\varepsilon), \qquad (26)$$

түрінде болады, мұндағы $y_N(t,\varepsilon)$ функциясы (21) формуласымен өрнектеледі, ал $R_N(t,\varepsilon)$ қалдық мүше үшін келесі бағалау орындалады:

$$\left|R_N^{(q)}(t,\varepsilon)\right| \le C\varepsilon^{N+1}, \quad q=0,1, \quad \theta_i \le t \le \theta_{i+1}, \quad i=\overline{0,p} \tag{27}$$

мұнда $C>0$ – ε *-нан тәуелсіз тұрақты.*

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1 Busenberg S., Cooke K.L. Models of vertically transmitted diseases with sequential-continuous dynamics .– New York: Academic Press, 1982.

2 Akhmet M.U. On the reduction principle for differential equations with piecewise constant argument of generalized // Journal of Mathematical Analysis and Applications. –2007. –№336. –P. 646-663.

3 Akhmet M.U. Integral manifolds of differential equations with piecewise constant argument of generalized type // Nonlinear Analysis: Theory, Methods and Applications. –2007. –№66. –P. 367-383.

4 Akhmet M.U. Quasilinear retarded differential equations with functional dependence on piecewise constant argument // Communications on pure and Applied Analysis. –2014. –№13. – P. 929-947.

5 Akhmet M.U. Almost periodic solutions of the linear differential equation with piecewise constant argument // Discrete and Impulsive Systems, Series A, Mathematical Analysis. –2009. –№16. –P.743-753.

6 Akhmet M.U., Buyukadali C. Periodic solutions of the system with piecewise constant argument in the critical case // Comput. Math. Appl. –2008. – №56. –P.2034-2042.

7 Akhmet M.U., Arugaslan D. Lyapunov-Razumikhin method for differential equations with piecewise constant argument // Discrete and Continuous Dynamical Systems, Series A. –2009. – Vol.25, №2. –P. 457-466.

8 Akhmet M.U., Arugaslan D., Yilmaz E. Method of Lyapunov functions for differential equations with piecewise constant argument delay // J. Comput. Appl. Math. –2011. –№235. –P. 4554-4560.

9 Akhmet M.U., Arugaslan D., Yilmaz E. Stability analysis of recurrent neural networks with piecewise constant argument of generalized type // Neural Networks. –2010. – №23. –P. 305-311.

10 Akhmet M. U., Yilmaz E. Impulsive Hopfield-type neural networks systems with piecewise constant argument // Nonlinear Analysis: Real World Appl. –2010.–№11.– P.2584-2593.

11 Akhmet M.U. Principles of discontinuous dynamical systems. – New York: Springer, 2010.

12 Akhmet M.U., Yilmaz E. Neural Networks with discontinuous/impact activations. – New York: Springer, 2013.

13 Akhmet M.U., Fen M.O. Replication of chaos in neural networks, economics and physics. – New York: Springer, 2016.

14 Akhmet M.U., Dauylbaev M.K., Mirzakulova A.E., Atakhan N. Singularly perturbed linear oscillator with piecewise-constant argument // Journal of Mathematics, Mechanics, Computer Science.-2018.-Vol.97, №1.-P.3-13.

УДК 517.928.1
ГРНТИ 27.33.19

А.Е. Мирзакулова[1]

[1]*PhD, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан*

СИНГУЛЯРЛЫ АУЫТҚЫҒАН ЖОҒАРҒЫ РЕТТІ ИНТЕГРАЛДЫ-ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕҢДЕУ ҮШІН КОШИ ЕСЕБІ ШЕШІМІНІҢ АСИМПТОТИКАЛЫҚ ЖІКТЕЛУІ

Аңдатпа

Мақалада жоғарғы туындыларының алдында кіші параметрі бар жоғарғы ретті сингулярлы ауытқыған сызықты интегралды-дифференциалдық теңдеу үшін “қосымша сипаттауыш теңдеу” деп аталатын теңдеудің түбірлерінің таңбасы теріс болған жағдайындағы Коши есеп қарастырылған. Жұмыс сингулярлы ауытқыған Коши есебінің $0 \le t \le 1$ кесіндісінде бірқалыпты асимптотикалық шешімін зерттеуге арналған. Шешімнің кіші параметр бойынша кез келген дәлдікпен асимптотикалық шешім құру алгоритмі көрсетілген. Регулярлы мүшелерді анықтайтын n – ретті сызықты интегралды-дифференциалдық теңдеулер үшін бастапқы есептер алынды. Шекаралық қабатты мүшелерді анықтайтын коэффициенттері тұрақты сызықты біртекті емес дифференциалдық теңдеулер үшін бастапқы есептер алынды. Коши есебі шешімінің асимптотикасының қалдық мүшесінің бағалауы алынды. Қалдық мүшенің асимптотикалық бағалауы көмегімен сингулярлы ауытқыған Коши есебінің $0 \le t \le 1$ кесіндісінде $O\left(\varepsilon^{N+1}\right)$ дәлдікпен бірқалыпты асимптотикалық шешімі құрылды.

Түйін сөздер: сингулярлы ауытқу, асимптотика, кіші параметр, шекаралық қабатты функциялар, регулярлы мүше

Аннотация

А.Е. Мирзакулова[1]

[1] PhD, Казахский национальный педагогический университет им.Абая, г.Алматы, Казахстан

АСИМПТОТИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОШИ ДЛЯ СИНГУЛЯРНО ВОЗМУЩЕННОГО ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЕ ВЫСШЕГО ПОРЯДКА

В работе рассматривается сингулярно возмущенная задача Коши для линейного интегро-дифференциального уравнение высшего порядка с малым параметром при старших производных при условии, что корни дополнительного характеристического уравнения имеют отрицательные знаки. Работа посвящена для изучения равномерного асимптотического решения на отрезке $0 \le t \le 1$ сингулярно возмущенного задачи Коши. Построено с любой степенью точности по малому параметру асимптотическое разложение решений задачи Коши высшего порядка для линейных сингулярно возмущенных интегро-дифференциальных уравнений. Получены начальные задачи для линейных интегро-дифференциальных уравнений n — го порядка, которые определяют регулярных членов. Получена задачи Коши для линейных неоднородных дифференциальных уравнений с постоянным коэффициентом, которые определяют погранслойных членов. Получена оценка асимптотики остаточного члена задачи Коши. С помощью остаточного члена, построено равномерное асимптотическое решение с $O(\varepsilon^{N+1})$ точности на отрезке $0 \le t \le 1$ сингулярно возмущенного задачи Коши.

Ключевые слова: сингулярное возмущение, асимптотика, малый параметр, погранслойная часть, регулярная часть

Abstract

Mirzakulova A.E.[1]

[1]PhD, Abai University, Almaty, Kazakhstan

ASYMPTOTIC EXPANSION OF THE SOLUTION OF THE CAUCHY PROBLEM FOR SINGULARLY PERTURBED HIGHER ORDER INTEGRO-DIFFERENTIAL EQUATION

The article is devoted to research a singularly perturbed Cauchy problem for a high order linear integro-differential equation with a small parameter in the highest derivatives, provided that the roots of additional characteristic equation have negative signs. The paper is devoted to the study of a uniform asymptotic solution on a segment $0 \le t \le 1$ of a singularly perturbed Cauchy problem. Asymptotic expansion of solution of the Cauchy problem for linear singularly perturbed higher-order integro-differential equations is constructed with any degree of accuracy with respect to a small parameter. The initial value problem for n — th order linear integro-differential equations is obtained that determine the regular members. The Cauchy problems for linear nonhomogeneous differential equations with a constant coefficient are obtained, which determine the boundary layer terms. An asymptotic estimate for the remainder term of the solution of the Cauchy problem is obtained. Using the remainder term, we construct a uniform asymptotic solution with accuracy $O(\varepsilon^{N+1})$ on a segment $0 \le t \le 1$ of a singularly perturbed Cauchy problem.

Key words: singular perturbation, asymptotics, small parameter, boundary layer part, regular part

Үлкен туындыларының алдында кіші параметрі бар $n+m$ ретті сызықты интегралды-дифференциалдық теңдеулер үшін Коши есебін қарастырамыз:

$$L_\varepsilon y \equiv \sum_{r=1}^{m} \varepsilon^r A_{n+r}(t) y^{(n+r)} + \sum_{k=0}^{n} A_k(t) y^{(k)} = F(t) + \int_0^1 \sum_{j=0}^{n+m-1} H_j(t,x) y^{(j)}(x,\varepsilon)dx, \quad (1)$$

$$y^{(i)}(0,\varepsilon) = \alpha_i,\ i = \overline{0, n+m-1}, \quad (2)$$

мұндағы $\varepsilon > 0$ — кіші параметр, ал $\alpha_i,\ i = \overline{0, n+m-1}$ — белгілі тұрақты шамалар, $A_{n+m}(t) = 1.$

Келесі шарттар орындалсын:

(С1) $A_i(t) \in C^{(n+m-1)}([0,1]),\quad i = \overline{0, n+m},\quad F(t) \in C^{m-1}([0,1])$ және $H_j(t,x) \in C^{m-1}(D),\quad j = \overline{0, n+m-1},$

мұндағы $D = \{0 \le t \le 1,\quad 0 \le x \le 1\}$.

(С2) $A_n(t) \ne 0,\quad 0 \le t \le 1.$

(С3) Қосымша сипаттауыш $\mu^m + A_{n+m-1}(t)\mu^{m-1} + \ldots + A_{n+1}(t)\mu + A_n(t) = 0$ теңдеуінің түбірлері $\mu_1 \ne \mu_2 \ne \ldots \ne \mu_m$ және $\mu_1 < 0,\quad \mu_2 < 0,\quad \ldots,\quad \mu_m < 0$ шарттарын қанағаттандырсын.

(1),(2) есебіне ұқсас жай дифференциалдық Коши есебі [1] мақалада қарастырылды. (1),(2) есебіне ұқсас бастапқы секірісті шекаралық есептер $m = 2,\ n = 1$ үшін [2-7] жұмыстарда қарастырылды.

(1),(2) есебінің шешімі үшін келесі шектік көшулер орындалады:

$$\lim_{\varepsilon\to 0} y^{(q)}(t,\varepsilon)=\bar{y}^{(q)}(t),\quad 0\le t\le 1,\quad q=\overline{0,n},$$

$$\lim_{\varepsilon\to 0} y^{(q)}(t,\varepsilon)=\bar{y}^{(q)}(t),\quad 0< t\le 1,\quad q=\overline{n+1,n+m-1}, \tag{3}$$

мұндағы $\bar{y}(t)$ функциясы келесі ауытқымаған есебінің шешімі

$$L_0[\bar{y}(t)]\equiv\sum_{k=0}^{n}A_k(t)\bar{y}^{(k)}(t)=F(t)+\int_0^1\sum_{j=0}^{n+m-1}H_j(t,x)\bar{y}^{(j)}(x)dx,$$

$$\bar{y}^{(i)}(0)=\alpha_i,\quad i=\overline{0,n-1}. \tag{3}$$

шектік көшулерден $y^{(n+i)}(t,\varepsilon),\quad i=\overline{1,m-1}$ шешім үшін $t=0$ нүктесінде бірқалыпты асимптотикалық жіктелу болмайтындығын көруге болады. Жұмыста осыған байланысты (1), (2) сингулярлы ауытқыған Коши есебі шешімінің кіші параметр бойынша кез келген дәлдікпен бірқалыпты асимптотикалық жіктелуін құру алгоритмі көрсетіледі.

(1), (1) есебінің формальды асимптотикалық шешімін келесі түрде іздейміз:

$$y(t,\varepsilon)=y_\varepsilon(t)+\varepsilon^{n+m-1}w_\varepsilon(\tau),\quad \tau=\frac{t}{\varepsilon} \tag{4}$$

мұндағы

$$y_\varepsilon(t)=\sum_{k=0}^{\infty}\varepsilon^k y_k(t) \tag{5}$$

$$w_\varepsilon(\tau)=\sum_{k=0}^{\infty}\varepsilon^k w_k(\tau) \tag{6}$$

(5) асимптотиканың *регулярлы бөлігі*, (6) асимптотиканың *шекаралық қабатты бөлігі* деп аталады, ал $w_k(\tau)$ функциясы $t=0$ үшін нөлден өзге және $t>0$ үшін кемімелі экспоненциальды шекаралық функция. (4) жіктеуді (1) теңдеуге қойып, келесі өрнекті аламыз:

$$\begin{aligned}
&\varepsilon^m y_\varepsilon^{(n+m)}(t)+\frac{\varepsilon^{n+2m-1}}{\varepsilon^{n+m}}w_\varepsilon^{(n+m)}(\tau)+\varepsilon^{m-1}A_{n+m-1}(t)y_\varepsilon^{(n+m-1)}(t)+\frac{\varepsilon^{n+2m-2}}{\varepsilon^{n+m-1}}A_{n+m-1}(\varepsilon\tau)w_\varepsilon^{(n+m-1)}(\tau)+\ldots+\\
&+\varepsilon A_{n+1}(t)y_\varepsilon^{(n+1)}(t)+\frac{\varepsilon^{n+m}}{\varepsilon^{n+1}}A_{n+1}(\varepsilon\tau)w_\varepsilon^{(n+1)}(\tau)+A_n(t)y_\varepsilon^{(n)}(t)+\frac{\varepsilon^{n+m-1}}{\varepsilon^{n}}A_n(\varepsilon\tau)w_\varepsilon^{(n)}(\tau)+\ldots+\\
&+A_0(t)y_\varepsilon(t)+\varepsilon^{n+m-1}A_0(\varepsilon\tau)w_\varepsilon(\tau)=F(t)+\int_0^1\left(H_0(t,x)y_\varepsilon+\ldots+H_{n+m-1}(t,x)y_\varepsilon^{(n+m-1)}(x)\right)dx+\\
&+\int_0^1\left(\varepsilon^{n+m-1}H_0(t,x)w_\varepsilon\left(\frac{x}{\varepsilon}\right)+\ldots+H_{n+m-1}(t,x)w_\varepsilon^{(n+m-1)}\left(\frac{x}{\varepsilon}\right)\right)dx
\end{aligned} \tag{7}$$

(7) теңдіктің оң жағындағы екінші интегралдың ретін $s=\frac{x}{\varepsilon}$ алмастырып және интегралдың $\frac{1}{\varepsilon}$ жоғарғы шегін шексіздікке ∞ ауыстырамыз. (7) теңдеуінен t және τ айнымалыларына тәуелді мүшелерді бөлек жазып, $y_\varepsilon(t)$ және $w_\varepsilon(\tau)$ функцияларын анықтайтын теңдеулер аламыз:

$$\begin{aligned}
\sum_{r=1}^{m}\varepsilon^r A_{n+r}(t)y_\varepsilon^{(n+r)}(t)+\sum_{k=0}^{n}A_k(t)y_\varepsilon^{(k)}(t)=F(t)+\int_0^1\sum_{j=0}^{n+m-1}H_j(t,x)y_\varepsilon^{(j)}(x)dx+\\
+\int_0^\infty\sum_{j=0}^{n+m-1}\varepsilon^{n+m-j}H_j(t,\varepsilon s)w_\varepsilon^{(j)}(s)ds
\end{aligned} \tag{8}$$

$$w_\varepsilon^{(n+m)}(\tau)+A_{n+m-1}(\varepsilon\tau)\,w_\varepsilon^{(n+m-1)}(\tau)+\ldots+A_n(\varepsilon\tau)w_\varepsilon^{(n)}(\tau)+\varepsilon A_{n-1}(\varepsilon\tau)w_\varepsilon^{(n-1)}(\tau)+\ldots+$$
$$+\varepsilon^n A_0(\varepsilon\tau)w_\varepsilon(\tau)=0 \qquad (9)$$

$H_i(t,\varepsilon s),\ \ i=\overline{0,n+m-1}$ функцияларын ε дәрежесі бойынша 0 нүктесінің маңайында Тейлор қатарына жіктейміз:

$$H_i(t,\varepsilon s)=H_i(t,0)+\frac{\varepsilon s}{1!}H_i'(t,0)+\ldots+\frac{(\varepsilon s)^k}{k!}H_i^{(k)}(t,0)+\ldots,\quad i=\overline{0,n+m-1} \qquad (10)$$

(5) қатарын және (10) жіктеуді (8) теңдеуге қойып, бірдей дәрежелі кіші параметрдің алдындағы коэффициенттерді теңестіріп, $y_k(t),\ \ k=0,1,2,\ldots$ регулярлы мүшелерді анықтайтын теңдеулер тізбегін аламыз:

$$\varepsilon^0:\quad \sum_{s=0}^{n}A_s(t)y_0^{(s)}(t)=F(t)+\int_0^1\sum_{j=0}^{n+m-1}H_j(t,x)y_0^{(j)}(x)dx \qquad (11_0)$$

$$\varepsilon^1:\quad \sum_{s=0}^{n}A_s(t)y_1^{(s)}(t)=F_1(t)+\int_0^1\sum_{j=0}^{n+m-1}H_j(t,x)y_1^{(j)}(x)dx \qquad (11_1)$$

мұндағы $F_1(t)=-A_{n+1}(t)y_0^{(n+1)}(t).$

$$\varepsilon^k:\quad \sum_{s=0}^{n}A_s(t)y_k^{(s)}(t)=F_k(t)+\int_0^1\sum_{j=0}^{n+m-1}H_j(t,x)y_k^{(j)}(x)dx \qquad (11_k)$$

мұндағы

$$F_k(t)=-\sum_{r=1}^{m}A_{n+r}(t)y_{k-r}^{(n+r)}(t). \qquad (12)$$

$A_i(\varepsilon\tau),\ \ i=\overline{0,n+m-1}$ функцияларын ε дәрежесі бойынша 0 нүктесінің маңайында Тейлор қатарына жіктейміз:

$$A_i(\varepsilon\tau)=A_i(0)+\frac{\varepsilon\tau}{1!}A_i'(0)+\ldots+\frac{(\varepsilon\tau)^k}{k!}A_i^{(k)}(0)+\ldots,\quad i=\overline{0,n+m-1} \qquad (13)$$

(6) қатарын және (13) жіктеуді (9) теңдеуге қойып, бірдей дәрежелі кіші параметрдің алдындағы коэффициенттерді теңестіріп, $w_k(\tau),\ \ k=0,1,2,\ldots$ шекаралық қабатты мүшелерді анықтайтын теңдеулер тізбегін аламыз:

$$\varepsilon^0:\quad w_0^{(n+m)}(\tau)+A_{n+m-1}(0)\,w_0^{(n+m-1)}(\tau)+\ldots+A_{n+1}(0)w_0^{(n+1)}(\tau)+A_n(0)w_0^{(n)}(\tau)=0 \qquad (14_0)$$

$$\varepsilon^1:\quad w_1^{(n+m)}(\tau)+A_{n+m-1}(0)\,w_1^{(n+m-1)}(\tau)+\ldots+A_{n+1}(0)w_1^{(n+1)}(\tau)+A_n(0)w_1^{(n)}(\tau)=\Phi_1(\tau) \qquad (14_1)$$

мұндағы

$$\Phi_1(\tau)=-\tau A_{n+m-1}'(0)\,w_0^{(n+m-1)}(\tau)-\ldots-\tau A_{n+1}'(0)w_0^{(n+1)}(\tau)-\tau A_n'(0)w_0^{(n)}(\tau)-A_{n-1}(0)w_0^{(n-1)}(\tau),$$

$$\varepsilon^2:\quad w_2^{(n+m)}(\tau)+A_{n+m-1}(0)\,w_2^{(n+m-1)}(\tau)+\ldots+A_{n+1}(0)w_2^{(n+1)}(\tau)+A_n(0)w_2^{(n)}(\tau)=\Phi_2(\tau) \qquad (14_2)$$

мұндағы

$$\Phi_2(\tau)=-\tau A_{n+m-1}'(0)\,w_1^{(n+m-1)}-\frac{\tau^2}{2!}A_{n+m-1}''(0)\,w_0^{(n+m-1)}\ldots-\tau A_n'(0)w_1^{(n)}(\tau)-\frac{\tau^2}{2!}A_n''(0)w_0^{(n)}-$$
$$-\tau A_{n-1}'(0)w_0^{(n-1)}-A_{n-1}(0)w_1^{(n-1)}(\tau)-A_{n-2}(0)w_0^{(n-2)}(\tau),$$

$$\varepsilon^k:\quad w_k^{(n+m)}(\tau)+A_{n+m-1}(0)\,w_k^{(n+m-1)}(\tau)+\ldots+A_{n+1}(0)w_k^{(n+1)}(\tau)+A_n(0)w_k^{(n)}(\tau)=\Phi_k(\tau) \qquad (14_k)$$

мұндағы

$$\Phi_k(\tau)=-\sum_{r=0}^{m-1}\sum_{i=1}^{k}\frac{(\tau)^i}{i!}A_{n+r}^{(i)}(0)\overset{(n+r)}{w}_{k-i}(\tau)-\sum_{i=0}^{k-1}\frac{(\tau)^i}{i!}A_{n-1}^{(i)}(0)\overset{(n-1)}{w}_{k-1-i}(\tau)-$$
$$-\sum_{i=0}^{k-2}\frac{(\tau)^i}{i!}A_{n-2}^{(i)}(0)\overset{(n-2)}{w}_{k-2-i}(\tau)-\ldots-A_{n-k}(0)\overset{(n-k)}{w}_0(\tau). \qquad (15)$$

Енді (5),(6) асимптотикалық жіктеулердегі $y_k(t)$, $w_k(\tau)$ коэффициенттер үшін бастапқы шарттарды анықтау қажет. Ол үшін (4) асимптотикалық шешімді (2) бастапқы шартына коямыз. Нәтижеде

$$y_0(0)+\varepsilon y_1(0)+\ldots+\varepsilon^k y_k(0)+\ldots+\varepsilon^{n+m-1}\left(w_0(0)+\varepsilon w_1(0)+\ldots+\varepsilon^k w_k(0)+\ldots\right)=\alpha_0,$$

$$y_0'(0)+\varepsilon y_1'(0)+\ldots+\varepsilon^k y_k'(0)+\ldots+\varepsilon^{n+m-2}\left(\dot{w}_0(0)+\varepsilon\dot{w}_1(0)+\ldots+\varepsilon^k\dot{w}_k(0)+\ldots\right)=\alpha_1,$$
$$y_0^{(n+m-3)}(0)+\ldots+\varepsilon^k y_k^{(n+m-3)}(0)+\ldots+\varepsilon^2\left(\overset{(n+m-3)}{w}_0(0)+\ldots+\varepsilon^k\overset{(n+m-3)}{w}_k(0)+\ldots\right)=\alpha_{n+m-3}, \qquad (16)$$
$$y_0^{(n+m-2)}(0)+\ldots+\varepsilon^k y_k^{(n+m-2)}(0)+\ldots+\varepsilon\left(\overset{(n+m-2)}{w}_0(0)+\ldots+\varepsilon^k\overset{(n+m-2)}{w}_k(0)+\ldots\right)=\alpha_{n+m-2},$$
$$y_0^{(n+m-1)}(0)+\ldots+\varepsilon^k y_k^{(n+m-1)}(0)+\ldots+\overset{(n+m-1)}{w}_0(0)+\ldots+\varepsilon^k\overset{(n+m-1)}{w}_k(0)+\ldots=\alpha_{n+m-1}.$$

(16) шарттарынан бірдей дәрежелі ε кіші параметрдің алдындағы коэффициенттерді теңестіріп, келесі түрдегі шарттарды аламыз:

$$\varepsilon^0:\quad y_0^{(i)}(0)=\alpha_i,\quad i=\overline{0,n+m-2},\quad \overset{(n+m-1)}{w}_0(0)=\alpha_{n+m-1}-y_0^{(n+m-1)}(0) \qquad (17)$$
$$\varepsilon^k:\quad y_k^{(i)}(0)=0,\quad i=\overline{0,n+m-2},\quad \overset{(n+m-1)}{w}_k(0)=-y_k^{(n+m-1)}(0)$$

$$\begin{array}{ll}\overset{(n+m-2)}{w}_0(0)=-y_1^{(n+m-2)}(0)=0 & \overset{(n+m-2)}{w}_k(0)=-y_{k-1}^{(n+m-2)}(0)=0\\ \overset{(n+m-3)}{w}_0(0)=-y_2^{(n+m-3)}(0)=0 & \overset{(n+m-3)}{w}_k(0)=-y_{k-2}^{(n+m-3)}(0)=0\\ \vdots & \vdots\\ w_0(0)=-y_{n+m-1}(0)=0 & w_k(0)=-y_{k-n-m+1}(0)=0\end{array}. \qquad (18)$$

Регулярлы мүшелерді анықтайтын есептер

$$\begin{cases}\sum_{s=0}^{n}A_s(t)y_0^{(s)}(t)=F(t)+\int_0^1\sum_{j=0}^{n+m-1}H_j(t,x)y_0^{(j)}(x)dx\\ y_0^{(i)}(0)=\alpha_i,\quad i=\overline{0,n-1}\end{cases} \qquad (19_0)$$

$$\begin{cases}\sum_{s=0}^{n}A_s(t)y_k^{(s)}(t)=F_k(t)+\int_0^1\sum_{j=0}^{n+m-1}H_j(t,x)y_k^{(j)}(x)dx\\ y_k^{(i)}(0)=0,\quad i=\overline{0,n-1}\end{cases} \qquad (19_k)$$

Шекаралық қабатты мүшелерді анықтайтын есептер

$$\begin{cases}\overset{(n+m)}{w}_0(\tau)+A_{n+m-1}(0)\overset{(n+m-1)}{w}_0(\tau)+\ldots+A_{n+1}(0)\overset{(n+1)}{w}_0(\tau)+A_n(0)\overset{(n)}{w}_0(\tau)=0\\ w_0^{(i)}(0)=0,\quad i=\overline{0,n+m-2}\\ \overset{(n+m-1)}{w}_0(0)=\alpha_{n+m-1}-y_0^{(n+m-1)}(0)\end{cases} \qquad (20_0)$$

$$\begin{cases}\overset{(n+m)}{w}_k(\tau)+A_{n+m-1}(0)\overset{(n+m-1)}{w}_k(\tau)+\ldots+A_{n+1}(0)\overset{(n+1)}{w}_k(\tau)+A_n(0)\overset{(n)}{w}_k(\tau)=\Phi_k(\tau)\\ w_k^{(i)}(0)=0,\quad i=\overline{0,n+m-2}\\ \overset{(n+m-1)}{w}_k(0)=-y_k^{(n+m-1)}(0)\end{cases} \qquad (20_k)$$

Коши есебі шешімінің асимптотикасының қалдық мүшесін бағалау

Келесі (4) қатарының дербес қосындысын құрамыз:

$$y_N(t,\varepsilon)=\sum_{k=0}^{N}\varepsilon^k y_k(t)+\varepsilon^{n+m-1}\sum_{k=0}^{N}\varepsilon^k w_k(\tau), \tag{21}$$

мұндағы $N\geq 0-$бүтін сан, $y_k(t)$, $w_k(\tau)$ функциялары сәйкесінше асимптотиканың регулярлы және шекаралық мүшелері және (19_k),(20_k) есептерінен анықталады.

(21) функцияны (1) теңдеуге қойып, нәтижеде

$$\sum_{r=1}^{m}\varepsilon^r A_{n+r}(t)y_N^{(n+r)}+\sum_{k=0}^{n}A_k(t)y_N^{(k)}=F(t)+\int_0^1\sum_{j=0}^{n+m-1}H_j(t,x)y_N^{(j)}(x,\varepsilon)dx+O(\varepsilon^{N+1}), \tag{22}$$

теңдігін аламыз. Яғни $y_N(t,\varepsilon)$ функциясы теңдеуді $O\left(\varepsilon^{N+1}\right)$ дәлдікпен қанағаттандырады.

(22) функцияға (2) бастапқы шарттарды қолдансақ, келесі шарттарды аламыз:

$$y_N^{(i)}(0,\varepsilon)=\sum_{k=0}^{N}\varepsilon^k y_k(0)+\varepsilon^{n+m-1}\sum_{k=0}^{N}\varepsilon^k w_k(0)=\alpha_i,\quad i=\overline{0,n+m-1} \tag{23}$$

(1), (2) есебінің дәл шешімі мен жуық шешімінің айырмасын

$$R_N(t,\varepsilon)=y(t,\varepsilon)-y_N(t,\varepsilon)\quad\Rightarrow\quad y(t,\varepsilon)=y_N(t,\varepsilon)+R_N(t,\varepsilon) \tag{24}$$

белгілеуі арқылы енгіземіз, мұндағы $R_N(t,\varepsilon)$ функциясы *асимптотиканың қалдық мүшесі* деп аталады.

(24) формуладағы $y(t,\varepsilon)$ шешімін (1) теңдеуге қойып, нәтижеде $y_N(t,\varepsilon)$ функциясы (22) теңдеуді және (23) шарттарды қанағаттандыратынын ескерсек, онда $R_N(t,\varepsilon)$ қалдық мүшеге келесі түрдегі есепті аламыз:

$$L_\varepsilon R_N\equiv\sum_{r=1}^{m}\varepsilon^r A_{n+r}(t)R_N^{(n+r)}+\sum_{k=0}^{n}A_k(t)R_N^{(k)}=O(\varepsilon)+\int_0^1\sum_{j=0}^{n+m-1}H_j(t,x)R_N^{(j)}(x,\varepsilon)dx,$$

$$R_N^{(i)}(0,\varepsilon)=0,\quad i=\overline{0,n+m-1} \tag{25}$$

(25) бастапқы есебінің типі (1), (2) бастапқы есебінің типімен ұқсас болғандықтан, (25) бастапқы есебінің шешіміне (1),(2) шешімнің асимптотикалық бағалауы орындалады:

$$\left|R_N^{(q)}(t,\varepsilon)\right|\leq C\varepsilon^{N+1}\left(1+\varepsilon^{n-q}e^{-\gamma\frac{t}{\varepsilon}}\right)\leq C\varepsilon^{N+1},\quad q=\overline{0,n} \tag{26}$$

$$\left|R_N^{(n+q)}(t,\varepsilon)\right|\leq C\varepsilon^{N+1}\left(1+\frac{1}{\varepsilon^q}e^{-\gamma\frac{t}{\varepsilon}}\right),\quad q=\overline{1,m-1} \tag{27}$$

$0\leq t\leq 1$ кесіндісінде $R_{N+n}(t,\varepsilon)$ қалдық мүшесінің бағалаулары (26),(27) бағалауларына ұқсас:

$$\left|R_{N+n}^{(q)}(t,\varepsilon)\right|\leq C\varepsilon^{N+n+1}\left(1+\varepsilon^{n-q}e^{-\gamma\frac{t}{\varepsilon}}\right),\quad q=\overline{0,n} \tag{28}$$

$$\left|R_{N+n}^{(n+q)}(t,\varepsilon)\right|\leq C\varepsilon^{N+n+1}\left(1+\frac{1}{\varepsilon^q}e^{-\gamma\frac{t}{\varepsilon}}\right),\quad q=\overline{1,m-1} \tag{29}$$

Сонымен,

$$y(t,\varepsilon)=y_N(t,\varepsilon)+R_N(t,\varepsilon)=y_{N+n}(t,\varepsilon)+R_{N+n}(t,\varepsilon), \tag{30}$$

теңдігі орындалады. (30) формуладан

$$R_N^{(q)}(t,\varepsilon)=y_{N+n}^{(q)}(t,\varepsilon)-y_N^{(q)}(t,\varepsilon)+R_{N+n}^{(q)}(t,\varepsilon),\quad q=\overline{0,n+m-1} \tag{31}$$

теңдігі орындалатындығы шығады. (31) қалдық мүшеге (26)-(29) асимптотикалық бағалауларын қолдансақ,

$$R_N^{(q)}(t,\varepsilon)=\varepsilon^{N+1}y_{N+1}^{(q)}(t)+\varepsilon^{N+2}y_{N+2}^{(q)}(t)+\ldots+\varepsilon^{N+n}y_{N+n}^{(q)}(t)+\frac{\varepsilon^{n+m-1}}{\varepsilon^q}$$

$$\left(\varepsilon^{N+1}\overset{(q)}{w}_{N+1}(\tau)+\varepsilon^{N+2}\overset{(q)}{w}_{N+2}(\tau)+\ldots+\varepsilon^{N+n}\overset{(q)}{w}_{N+n}(\tau)\right)+R_{N+n}^{(q)}(t,\varepsilon),\ q=\overline{0,n+m-1}$$

$$\Rightarrow\left|R_N^{(q)}(t,\varepsilon)\right|\le C\varepsilon^{N+1},\quad q=\overline{0,n+m-1}.$$

Бұдан шығатын қорытынды: $y_N(t,\varepsilon)$ функциясы $O\left(\varepsilon^{N+1}\right)$ дәлдікпен алынған *асимптотикалық шешім* деп аталады.

Теорема. *Егер (С1)-(С3) шарттар орындалса, онда* ε *кіші параметрінің жеткілікті аз мәнінде (1), (2) Коши есебінің* $0\le t\le 1$ *кесіндісінде* $y(t,\varepsilon)$ *шешімі бар, жалғыз және*

$$y(t,\varepsilon)=y_N(t,\varepsilon)+R_N(t,\varepsilon),$$

түрінде болады, мұндағы $y_N(t,\varepsilon)$ *функциясы (21) формуласымен өрнектеледі, ал* $R_N(t,\varepsilon)$ *қалдық мүше үшін келесі бағалау орындалады:*

$$\left|R_N^{(q)}(t,\varepsilon)\right|\le C\varepsilon^{N+1},\quad q=\overline{0,n+m-1},\quad 0\le t\le 1,$$

мұнда $C>0-\varepsilon$ *-нан тәуелсіз тұрақты.*

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1 *Нургабыл Д.Н. Асимптотические оценки решения начальной задачи для линейных дифференциальных уравнений с малым параметром при старших производных// Вестник ЖГУ им. И.Жансугурова. – 2012. – № 2.– С. 4-8.*

2 *Мырзақұлова А.Е. Кіші параметрлі интегралды-дифференциалдық теңдеулер үшін шеттік есеп шешімінің асимптотикалық бағалауы // Қ.И.Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ хабаршысы журналы. – 2014. – Т.103, № 3. – Б. 473-478.*

3 *Мирзакулова А.Е., Абдикеримова Ж.К. Екі үлкен туындысының алдында кіші параметрі бар интегралды-дифференциалдық теңдеу үшін шеттік есеп шешімінің асимптотикалық бағалауы // ҚР Ұлттық Ғылым академиясының хабарлары журналы, «физика-математика» сериясы. – 2014. – Т. 296, №4.- Б. 205-210.*

4 *Mirzakulova A. E., Atakhan N. Construction of the solution of the boundary value problem for integro-differential equation with a small parameter in the highest derivatives // Bulletin of the Karaganda University, Mathematics series. – 2016. – T.84, №4. – P. 99-103.*

5 *Dauylbaev M.K., Mirzakulova A.E. Asymptotic behavior of solutions of singular integro-differential equations // Discontinuity, Nonlinearity and Complexity. – 2016. – Vol.5, №2. – P.147-154.*

6 *Dauylbaev M.K., Mirzakulova A.E. Boundary-value problems with initial jumps for singularly perturbed integro-differential equations // Journal of Mathematical Sciences. – 2017. – Vol.222, №3. – P.214-225.*

7 *Дауылбаев М.К., Мирзакулова А.Е. Краевые задачи с начальными скачками для сингулярно возмущенных интегро-дифференциальных уравнений // Нелинейные колебания. – 2016. – Т. 19, №1. – С. 11-21.*

УДК 519 624
ГРНТИ 27.29.19

К.Ж. Назарова[1], Б.Ж. Алиханова[2], Ж.С. Еркишева[3]

[1] ф.-м.ғ.к., доцент м.а., Қ.А.Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ., Казахстан
[2] оқытушы, Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ., Казахстан
[3] докторант, Қ.А.Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ., Казахстан

СЫЗЫҚТЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕҢДЕУЛЕР ЖҮЙЕСІ ҮШІН ИНТЕГРАЛДЫҚ ШАРТТЫ ШЕТТІК ЕСЕПТІҢ БІРМӘНДІ ШЕШІЛУІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ШЕШІМІН ТАБУДЫҢ АЛГОРИТМІ

Аңдатпа

Сызықты жәй дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін интегралдық шартты шеттік есеп қарастырылады. Осы қарастырылған есептің шешімін табу үшін параметрлеу әдісі қолданылады, яғни белгісіз параметрлер шешімнің мәні ретінде берілген кесіндісінің бөліктеу аралықтарының бастапқы нүктесінде енгізіледі. Бұл әдістің негізгі мақсаты дифференциалдық теңдеу қарастырылып жатқан аралық белгілі оң қадаммен

бөліктерге бөлінеді де бастапқы есеп эквивалентті параметрлі есепке келтіріледі. Эквивалентті параметрлі шеттік есеп параметрлі жәй дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін Коши шеттік есебінен, интегралдық шартынан, бөліну нүктелеріндегі үзіліссіздік шарттарынан тұрады. Параметрлі жәй дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін Коши шеттік есебі Вольтеррдің II-текті интегралдық теңдеуіне эквивалентті. Тұрғызылған шешімнің сәйкес нүктелерінде интегралдық теңдеудің оң жағын интегралдық шарттар мен үзіліссіздік шарттарына қою арқылы белгісіз параметрге байланысты сызықтық алгебралық теңдеулер жүйесі құрылады.Көп нүктелі параметрлі шеттік есеп шешімі параметр мен функция жұбы жүйесінің тізбектерінің шегі түрінде анықталады.Белгісіз параметр шеттік шарттар матрицасы мен дифференциалдық теңдеулер арқылы анықталған сызықтық алгебралық теңдеулер жүйесінен табылады, ал функция параметрдің табылған мәніндегі берілген аралықтағы Коши есебінің шешімі болып табылады. Параметрдің енгізілуі параметрлеу әдісінің алгоритмінің жинақталу шарттары мен қарастырылған есептің бірмәнді шешілімді болуын бастапқы берілімдер терминінде қамтамасыз етеді. Жәй дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін көп нүктелі интегралдық шарты бар сызықты шеттік есептің параметрлеу әдісіне негізделген, шешімдерін табу алгоритмі ұсынылды. Сызықты жәй дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшінинтегралдық шартты шеттік есептің бірмәнді шешілуінің жеткілікті шарттары алынды.Ұсынылған алгоритм екінші ретті дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін көпнүктелі интегралдық шарты бар сызықты шеттік есептің шешімін табу мысалымен сипатталады.

Түйін сөздер: шеттік есеп, параметрлеу әдісі, интегралдық шартты, Коши есебі, бірмәнді шешілімді.

Аннотация

К.Ж. Назарова[1], Б.Ж. Алиханова[2], Ж.С. Еркишева[3]

[1] к.ф.-м.н., и.о.доцента, Международный казахско-турецкий университет имени Х.А.Ясави (МКТУ), г. Түркестан, Казахстан

[2] преподаватель, Международный казахско-турецкий университет имени Х.А.Ясави, г. Түркестан, Казахстан

[3] докторант, Международный казахско-турецкий университет имени Х.А.Ясави, г. Түркестан, Казахстан

ОДНОЗНАЧНАЯ РАЗРЕШИМОСТЬ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ С ИНТЕ-ГРАЛЬНЫМИ УСЛОВИЯМИ ДЛЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ ОБЫКНО-ВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ И АЛГОРИТМ НАХОЖДЕНИЯ ИХ РЕШЕНИЙ.

Рассматривается краевая задача с интегральными условиями для систем линейных обыкновенных дифференциальных уравнением. Для нахождения решения рассматриваемой задачи применяется метод параметризации,т.е. неизвестные параметры вводятся как значения решения в начальных точках интервалов разбиения заданного отрезка. Суть метода параметризации заключается в том,что отрезок где рассматривается дифференциальное уравнение разбивается на части с положительным шагом и исходная краевая задача переходит к эквивалентной многоточечной краевой задаче с параметром. Эквивалентная краевая задача с параметром состоит из задачи Коши для систем дифференциальных уравнений, из интегральных условий и из условий непрерывности в точках деления отрезка.Задача Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений с параметром эквивалентна интегральному уравнению Вольтерра II -рода. Правую часть интегрального уравнения подставляя в соответствующие точки интегрального условия и условия непрерывности получаем систему алгебраических уравнений относительно неизвестных параметров. Решение многоточечной краевой задачи определяется как предел последовательности систем пар неизвестного параметра и функции. Неизвестный параметр находится из систем линейных алгебраических уравнений, составленный из интегральных краевых условий и из условий непрерывности, а функция определяется как значения решения задачи Коши при найденных значениях параметра. Введения параметра обеспечивает однозначную разрешимость рассматриваемой краевой задачи в терминах исходных данных и условия сходимости алгоритма метода параметризации. Предлогается алгоритм нахождения решения краевой задачи с интегральными условиями для систем линейных обыкновенных дифференциальных уравнений с параметром. Предложенный алгоритм характеризуется примером для однозначной разрешимости краевой задачи второго порядка для систем линейных обыкновенных дифференциальных уравнений с параметром.

Ключевые слова: краевые задачи, метод параметризации, интегральные условия, задача Коши, однозначная разрешимость.

Abstract

UNIQUE SOLVABILITY OF A BOUNDARY VALUE PROBLEM WITH INTEGRAL CONDITIONS FOR SYSTEMS OF LINEAR ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATIONS AND ALGORITHM TO FIND THEIR SOLUTIONS

Nazarova K.Zh.[1], Alikhanova B.Zh. [2], Erkisheva Zh.S. [3]

[1] Cand. Sci. (Phys-Math), Assictent Professor, A.Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan

[2] Lecturer, A.Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan

[3] doctoral student, A.Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan

There is considered a boundary-value problem with integral conditions for systems of linear ordinary differential equations. Parametrization method has been applied in order to solve the problem under consideration,i.e unknown parameters are entered as value solutions at the initial points of the intervals of the partition in the given interval. Parameterization method essence is that segment where the differential equation is considered is divided into parts with a positive step and the original boundary value problem passes to an equivalent multipoint boundary value problem with a parameter. The equivalent boundary value problem with a parameter consists of Cauchy problem for systems of differential equations, integral conditions and continuity conditions at the points of division of the interval. Cauchy problem for systems of ordinary differential equations with a parameter is equivalent to Volterra integral equation II – type.Substituting the right-hand side of the integral equation into the corresponding points of the integral andcontinuity condition, we obtain a system of algebraic equations with respect to unknown parameters. The solution of the multipoint boundary value problem is defined as systems limit sequence of pairs of an unknown parameter and a function. Unknown parameter is found from systems of linear algebraic equations, composed of integral boundary and continuity conditions, and the function is defined as the value solution of Cauchy problem on the found parameter values. Entering the parameter ensures the unique solvability of the boundary value problem in terms of the initial data and the conditions for the convergence of the algorithm of the parametrization method. Algorithm is proposed to solve a boundary-value problem with integral conditions for systems of linear ordinary differential equations with a parameter. The proposed algorithm is characterized by an example for the unique solvability of a second-order boundary value problem for systems of linear ordinary differential equations with a parameter.

Key words: boundary value problem, method of parameterization, integral conditions, Cauchy problem, unique solvability

Жәй дифференциалдық теңдеулер үшін шеттік есептер көбінесе ғылым мен техниканың түрлі есептерін шешуде жиі кездеседі. Сызықты жәй дифференциалдық теңдеулер үшін шеттік есептер шешімдерінің бірмәнді шешілімділігін табу мәселелері көптеген ғалымдардың ғылыми жұмыстарында [1-13] қарастырылған. Шеттік есептерді зерттеуде түрлі тәсілдердің қолданылуы түрлі терминдерден түзілген нәтижелерге алып келеді. Есептеу техникасының өркендеуі және оның қолданбалы есептер шешімін табуда қолданылуы жаңа талаптар қоюға себеп болуда. Сондай талаптардың бірі ретінде әдістің конструктивті болуын айтуға болады. Конструктивті әдістердің ең негізгі сипаттамасы – ол оның шарттарды тиімді тексеруі және ақырлы нәтижесін алуға мүмкіндік беруі болып табылады. Конструктивті әдістің бірі - Д.С. Джумабаев [14] ұсынған параметрлеу әдісі. [14] жұмысында сызықты жәй дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін екі нүктелі шеттік есепке параметрлеу әдісі қолданылған. Осы мақалада сызықты жәй дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін интегралдық шартты шеттік есепке параметрлеу әдісі дамытылған.

$[0,T]$ кесіндісінде интегралдық шартты шеттік есепті қарастырамыз:

$$\frac{dy}{dx} = A(x)y + F(x), \qquad x \in [0,T], \quad y \in R^n \tag{1}$$

$$\int_0^T B(x)y(x)dx = d, \qquad d \in R^n, \tag{2}$$

мұндағы функционалды матрица $A(x), B(x)$ $-n \times n$ өлшемді, вектор функция $F(x)$ $[0,T]$ кесіндісінде үзіліссіз. $\|y\| = \max_i |y_i|$, $\|A(x)\| = \max_i \sum_{j-1}^{n} |a_{ij}(x)| \le \alpha$, $\alpha - const.$

(1), (2) есебінің шешімі деп $[0,T]$ сегментінде үзіліссіз дифференциалданатын,(1) дифференциалдық теңдеулер жүйесін және осы (2) интегралдық шеттік шартын қанағаттандыратын $y(x)$ вектор функцияны айтады.

$[0,T]$ кесіндісіндегі үзіліссіз функциялар кеңістігін $C([0,T],R^n)$ арқылы белгілейміз және оның нормасы мынадай өрнекпен анықталады: $\|y\|_1 = \max\limits_{x\in[0,T]}\|y(x)\|$. $h>0: Nh=T$ қадамын алып, осы бойынша бөліктеу жасаймыз $[0,T)=\bigcup\limits_{r=1}^{N}[(r-1)h,rh)$. $[(r-1)h,rh)$ интервалында үзіліссіз функциялардан тұратын және ақырлы сол жақ шегі бар $\lim\limits_{x\to rh-0} y_r(x)$, $r=\overline{1,N}$, $y_r(x)=(y_1(x),y_2(x),...,y_N(x))$ функциялар жүйесінің кеңістігін $C([0,T],h,R^{Nn})$ арқылы белгілейміз. Бұл кеңістіктегі норма мынадай өрнек арқылы анықталады: $\|y[\cdot]\|_2 = \max\limits_{r=1,N}\sup\limits_{x\in[(r-1)h,rh)}\|y_r(x)\|$. $[(r-1)h,rh)$ интервалындағы $y(x)$ функциясы-ның сығылуын $y_r(x)$: $y_r(x)=y(x)$, $x\in\left[(r-1)h,rh\right)$ деп белгілеулер енгізіп $\left[(r-1)h,rh\right)$ интервалдарында $u_r=y_r(x)-\lambda_r$, $\lambda_r=y_r\left((r-1)h\right)$, $r=\overline{1,N}$ алмастыруларын жасаймыз. Сонда (1), (2) есебі эквивалентті интегралдық шартты параметрлі шеттік есепке келтіріледі:

$$\frac{du_r}{dx}=A(x)\left[u_r+\lambda_r\right]+F(x),\quad u_r\left((r-1)h\right)=0,\quad x\in\left[(r-1)h,rh\right),\quad r=\overline{1,N} \tag{3}$$

$$\sum_{r=1}^{N}\int_{(r-1)h}^{rh}B(x)\left[u_r(x)+\lambda_r\right]dx=d\,, \tag{4}$$

$$\lim_{x\to sh-0}u_s(x)+\lambda_s=\lambda_{s+1},\quad s=\overline{1,N-1} \tag{5}$$

Коши (3) дифференциалдық теңдеуі Вольтердің II текті интегралдық теңдеуіне эквивалентті:

$$u_r(x)=\int_{(r-1)h}^{x}A(t)\left[u_r(t)+\lambda_r\right]\,dt+\int_{(r-1)h}^{x}f(t)\,dt,\qquad x\in\left[(r-1)h,rh\right),\quad r=\overline{1,N}\,. \tag{6}$$

Интегралдық теңдеудің (6) оң жағын (4), (5) шарттарына қойып белгісіз параметр $\lambda=\left(\lambda_1,\lambda_2,\lambda_3,...,\lambda_N\right)\in R^{Nn}$ – ге байланысты сызықты теңдеулер жүйесін аламыз.

$$\left[\sum_{r=1}^{N}\int_{(r-1)h}^{rh}B(x)\int_{(r-1)h}^{x}A(t)dt\,dx+\sum_{r=1}^{N}\int_{(r-1)h}^{rh}B(x)dx\right]\lambda_r=$$

$$=d-\sum_{r=1}^{N}\int_{(r-1)h}^{rh}B(x)\int_{(r-1)h}^{x}f(t)dtdx-\sum_{r=1}^{N}\int_{(r-1)h}^{rh}B(x)\int_{(r-1)h}^{x}A(t)u_r(t)dtdx \tag{7}$$

$$\int_{(s-1)h}^{sh}A(x)dx\lambda_s+\lambda_s-\lambda_{s+1}=-\int_{(s-1)h}^{sh}f(x)dx-\int_{(s-1)h}^{sh}A(x)u_s(x)dx \tag{8}$$

(7), (8) теңдеулерінің сол жағына сәйкес келетін матрицаны $Q_1(h)$, оң жағын $F_1(h)$, $G_1(u,h)$ деп белгілесек, мынадай сызықты теңдеулер жүйесін аламыз

$$Q_1(h)\cdot\lambda=-F_1(h)-G_1(u,h),\quad \lambda\in R^{Nn}\,, \tag{9}$$

мұндағы:

$$Q_1(h)=$$

$$\begin{pmatrix} \int_0^h B(x)\left[\int_0^x A(t)dt+I\right]dx & \int_h^{2h} B(x)\left[\int_0^x A(t)dt+I\right]dx & \dots & \int_{(N-2)h}^{(N-1)h} B(x)\left[\int_0^x A(t)dt+I\right]dx & \int_{(N-1)h}^{T} B(x)\left[\int_0^x A(t)dt+I\right]dx \\ \int_0^h A(x)dx+I & -I & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \int_h^{2h} A(t)dt+I & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & .... \\ 0 & 0 & \dots & \int_{(N-2)h}^{(N-1)h} A(t)dt+I & -I \end{pmatrix}$$

$$F_1(h)=\left(-d+\sum_{r=1}^{N}\int_{(r-1)h}^{rh} B(x)\int_{(r-1)h}^{x} f(t)dtdx,\int_0^h f(x)dx,\int_h^{2h} f(x)dx,...,\int_{(N-2)h}^{(N-1)h} f(x)dx\right)$$

$$G_1(u,h)=\left(\sum_{r=1}^{N}\int_{(r-1)h}^{rh} B(x)\int_0^x A(t)u_r(t)dtdx,\int_0^h A(x)u_1(x)dx,...,\int_{(N-2)h}^{(N-1)h} A(x)u_{N-1}(x)\right)$$

Сонымен $\left(\lambda,u[x]\right)$ жұбы, (3) – (5) есебінің шешімін табу үшін (6) интегралдық теңдеуі мен (9) сызықты теңдеулер жүйесін бірге шығарамыз. Ол үшін мынадай алгоритм ұсынамыз:

0 – қадам. а) Таңдап алынған $h>0$ үшін $Q_1(h):R^{Nn}\to R^{Nn}$ матрицасына кері матрица бар деп жорамалдап $Q_1(h)\lambda=-F_1(h)$ сызықты теңдеулер жүйесінен параметр бойынша $\lambda^{(0)}$ бастапқы жуықтауды табамыз, яғни: $\lambda^{(0)}=-\left[Q_1(h)\right]^{-1}F_1(h)$. б) Әрбір интервалда $[(r-1)h,rh)$, $r=\overline{1,N}$ табылған параметрдің сәйкес мәнінде $\lambda_r=\lambda_r^{(0)}$ (3) Коши есебін шығарып $u_r^{(0)}(x)$ шешімін аламыз.

1-қадам. а) табылған $u_r^{(0)}(x)$ мәндерін (9) теңдеуіне қойып $\lambda^{(1)}$ – ді аламыз,яғни: $\lambda^{(1)}=-\left[Q_1(h)\right]^{-1}\left(F_1(h)+G_1\left(u_1^{(0)},h\right)\right)$. б) Коши есебінің (3) шешімін $u_r^{(1)}(x)$ функциясын $\left[(r-1)h,rh\right)$, $r=\overline{1,N}$ интервалдарының әрбірінде параметрдің сәйкес мәндерін қою арқылы табамыз.

Алгоритм жинақтылығының, параметрлі шеттік есептің жалғыз шешімі бар болуының жеткілікті шарты келесі тұжырымда тағайындалады.

Теорема 1. Қандай да бір $h>0,\nu=1$ саны үшін $Q_1(h):R^{Nn}\to R^{Nn}$ матрицасының кері матрицасы бар болып келесі теңсіздіктер орындалсын:

а) $\left\|\left[Q_1(h)\right]^{-1}\right\|\le\gamma_1(h)$

б) $q_1(h)=\gamma_1(h)\max\left(1,\frac{h}{2}\beta T\right)\left\{e^{\alpha h}-1-\alpha h\right\}<1$

Онда $\left(\lambda^{(k)},u^{(k)}[x]\right)$ жұптар тізбегі $k\to\infty$ ұмтылғанда (3) – (5) есебінің жалғыз шешімі $\left(\lambda^*,u^*[x]\right)$ - ға жинақталады және келесі бағалау орынды

$$\left\|\lambda^*-\lambda^{(k)}\right\|\le\frac{\left[q_1(h)\right]^k}{1-q_1(h)}\left\|\lambda^{(1)}-\lambda^{(0)}\right\|\le\frac{\left[q_1(h)\right]^k}{1-q_1(h)}\gamma_1(h)\max\left(1,\frac{h}{2}\beta T\right)\alpha hM_1(h) \tag{10}$$

$$\left\|u^*-u^{(k)}\right\|\le\left[e^{\alpha h}-1\right]\frac{\left[q_1(h)\right]^k}{1-q_1(h)}\gamma_1(h)\max\left(1,\frac{h}{2}\beta T\right)\alpha hM_1(h), \tag{11}$$

мұндағы $M_1(h)=\left[e^{\alpha h}-1\right]\gamma_1(h)\times\max\left\{1,1+\frac{h}{2}\beta\cdot T\right\}\times\max\left(\|d\|,\|f(t)\|\right)h+e^{\alpha h}\times\sup\limits_{t\in[(r-1)h,rh)}\|f(t)\|$

Дәлелдеуі. $Q_1(h)$ матрицасының кері матрицасы бар болуынан және а) теңсіздігінен бастапқы жуықтау $\lambda^{(0)}$ - дің бар екендігі шығады. $\lambda^{(0)}=-\left[Q_1(h)\right]^{-1}\cdot F_1(h)$ теңдігінен $\lambda^{(0)}$ нормасын анықтасақ:

$$\|\lambda^{(0)}\|=\|-Q_1(h)\cdot F_1(h)\|\le$$

$$\le\gamma_1(h)\|F_1(h)\|\le\gamma_1(h)\left\|-hd+h\sum_{r=1}^{N}\int_{(r-1)h}^{rh}B(x)\int_{(r-1)h}^{x}f(t)dtdx,\ \max_{s=\overline{1,N-1}}\int_{(s-1)h}^{sh}f(t)dt,\right\|\le\gamma_1(h)\times$$

$$\times\max\left\{1,1+\frac{h}{2}\sum_{r=1}^{N}\beta h\right\}\times\max\left(\|d\|,\|f(t)\|\right)h\le$$

$$\le\gamma_1(h)\times\max\left\{1,1+\frac{h}{2}\beta\cdot T\right\}\times\max\left(\|d\|,\|f(t)\|\right)h \qquad (12)$$

$\lambda_r=\lambda_r^{(0)}$ мәніне сәйкес Коши (3) есебінің шешімі $u_r^{(0)}(t)-$ны біртіндеп жуықтау әдісін қолдану арқылы анықтаймыз. $u_r^{(0,0)}(t)=0$,

$$u_r^{(0,1)}(t)=\int_{(r-1)h}^{t}A(\tau)\left[u_r^{(0,0)}(\tau)+\lambda_r^{(0)}\right]d\tau+\int_{(r-1)h}^{t}f(\tau)d\tau,\ t\in\left[(r-1)h,rh\right]\ r=\overline{1,N}. \qquad (13)$$

$A(t),f(t)-$ның $[0,T]$ сегментінде үзіліссіздігіне $\lim\limits_{t\to rh-0}u_r^{(0,1)}(t)=\int\limits_{(r-1)h}^{rh}A(\tau)\lambda_r^{(0)}d\tau+\int\limits_{(r-1)h}^{rh}f(\tau)d\tau$

шектің бар болуы шығады. $u_r^{(0,1)}(t)-u_r^{(0,0)}(t)$ айырымының бағалауын анықтаймыз

$\left\|u_r^{(0,1)}(t)-u_r^{(0,0)}(t)\right\|\le\int\limits_{(r-1)h}^{t}\|A(\tau)\|\left\|\lambda_r^{(0)}\right\|d\tau+\int\limits_{(r-1)h}^{t}\|f(\tau)\|d\tau$ $u_r^{(0,)1}(t)$ функциясын $t=rh$ нүктесінде

$u_r^{(0,1)}(t)=\lim\limits_{t\to rh-0}u_r^{(0,1)}(t)$ теңдігімен анықтап $\left[(r-1)h,rh\right]$ сегментінде үзіліссіз функцияны аламыз.

$u_r^{(0,2)}(t)=\int\limits_{(r-1)h}^{t}A(\tau)u_r^{(0,1)}(\tau)d\tau+\int\limits_{(r-1)h}^{t}A(\tau)\lambda_r^{(0)}d\tau+\int\limits_{(r-1)h}^{t}f(\tau)d\tau$ теңдігінің астындағы функциялардың

$\left[(r-1)h,rh\right]$ сегментіндегі үзіліссіздігін ескеріп $t\to rh-0$ шекке көшсек сол жақ шектің бар екендігі шығады:

$$\lim_{t\to rh-0}u_r^{(0,2)}(t)=\int_{(r-1)h}^{rh}A(\tau)u_r^{(0,1)}(\tau)d\tau+\int_{(r-1)h}^{rh}A(\tau)\lambda_r^{(0)}d\tau+\int_{(r-1)h}^{rh}f(\tau)d\tau$$

және мынадай бағалау орынды:

$$\left\|u_r^{(0,2)}(t)-u_r^{(0,1)}(t)\right\|\le\int_{(r-1)h}^{t}\|A(\tau)\|\left\|u_r^{(0,1)}-u_r^{(0,0)}\right\|d\tau\le\int_{(r-1)h}^{t}\|A(\tau)\|\int_{(r-1)h}^{t}\|A(\tau_1)\|d\tau_1d\tau\left\|\lambda_r^{(0)}\right\|+$$

$$+\int_{(r-1)h}^{t}\|A(\tau)\|\int_{(r-1)h}^{t}\|f(\tau)\|d\tau_1d\tau \qquad t\in\left[(r-1)h,rh\right),\quad r=\overline{1,N}$$

Итерациялық процесті жалғастыра отырып *m*- ші қадамда алатынымыз:

$$u_r^{(0,m+1)}(t)=\int_{(r-1)h}^{t}A(\tau)u_r^{(0,m)}(\tau)d\tau+\int_{(r-1)h}^{t}A(\tau)\lambda_r^{(0)}d\tau+\int_{(r-1)h}^{t}f(\tau)d\tau \qquad (14)$$

$\lim\limits_{t\to rh-0}u_r^{(0,m)}(t)$ шегін бар деп жорамалдап, (13) теңдігінің негізінде $u_r^{(0,2,)}(t)$ тәріздес

$$\lim_{t\to rh-0}u_r^{(0,m+1)}(t)=\int_{(r-1)h}^{t}A(\tau)u_r^{(0,m)}(\tau)d\tau+\int_{(r-1)h}^{t}A(\tau)\lambda_r^{(0)}d\tau+\int_{(r-1)h}^{t}f(\tau)d\tau$$

бар екендігін табамыз.

$$\left\|u_r^{(0,m+1)}(t)-u_r^{(0,m)}(t)\right\|\le\int_{(r-1)h}^{t}\left\|A(\tau)\right\|\times.....\times\int_{(r-1)h}^{\tau_{m-2}}\left\|A(\tau_{m-1})\right\|\times$$

$$\times\left\|u_r^{(0,1)}(\tau_{m-1})-u_r^{(0,0)}(\tau_{m-1})\right\|d\tau_{m-1}...d\tau,\qquad t\in[(r-1)h,rh),\qquad r=\overline{1,N}.$$

Осыдан шығатыны:

$$\max_{r=\overline{1,N}}\sup_{t\in[(r-1)h,rh)}\left\|u_r^{(0,m+1)}(t)-u_r^{(0,m)}(t)\right\|\le\frac{(\alpha h)^{m+1}}{(m+1)!}\left\|\lambda_r^{(0)}\right\|+\frac{(\alpha h)^m}{m!}\|f\|_1 h \qquad (15)$$

(15) теңсіздіктен $u^{(0,m)}[t]$ функциялар жүйесінің тізбегі $C([0,T],h,R^{4n})$ кеңістігінің нормасы бойынша $u^{(0)}[t]$ функциялар жүйесіне жинақталатындығы көрінеді.

Осы кеңістіктің толықтығын ескерсек, онда $u^{(0)}[t]\in C([0,T],h,R^{4n})$ Гронуолла – Беллман [17] теңсіздігін пайдалансақ алатынымыз

$$\left\|u_r^{(0)}(t)\right\|\le\left[e^{\alpha[t-(r-1)h]}-1\right]\left\|\lambda_r^{(0)}\right\|+e^{\alpha[t-(r-1)h]}\times\sup_{t\in[(r-1)h,rh)}\left\|f(t)\right\|$$

(12) теңдігін ескерсек $\left\|u^{(0)}[\cdot]\right\|_2=\max\limits_{r=\overline{1,4}}\sup\limits_{t\in[(r-1)h,rh)}\left\|u_r^{(0)}(t)\right\|\le M_1(h)$. Алгоритмнің бірінші қадамында $Q_1(h)\lambda^{(1)}=-F_1(h)-G_1(u_1^{(0)},h),\qquad \lambda\in R^{Nn}$ теңдеуінен $\lambda^{(1)}$ векторының компоненттерін анықтаймыз, яғни $\lambda^{(1)}=\left[Q_1(h)\right]^{-1}\left[-F_1(h)-G_1(u^{(0)},h)\right]$. Белгісіз параметрге байланысты сызықтық теңдеулер жүйесінің екі шешімінің айырымын бағалайық: $\lambda^{(1)}-\lambda^{(0)}$:

$$\left\|\lambda^{(1)}-\lambda^{(0)}\right\|\le\gamma_1(h)\left\|G_1(u^{(0)},h)\right\|\le\gamma_1(h)\times$$

$$\times\left\|h\sum_{r=1}^{N}\int_{(r-1)h}^{rh}B(x)\int_{(r-1)h}^{x}A(t)u_r(t)dtdx,\ \max_{s=\overline{1,N-1}}\int_{(s-1)h}^{sh}A(t)u_s(t)dt,\ \right\|\le\gamma_1(h)\times$$

$$\times\max\left\{h\sum_{r=1}^{N}\alpha\beta\int_{(r-1)h}^{rh}\left\|u_r(t)\right\|\cdot\left\|[x-(r-1)h]dx\right\|,\ \max_{s=\overline{1,N-1}}\alpha\left\|\int_{(s-1)h}^{sh}\left\|u_s(t)\right\|dt,\ \right\|\right\}\le\gamma_1(h)\times$$

$$\times\max\left\{\sum_{r=1}^{N}\beta\frac{h^2}{2}\right\}\alpha h\times\sup_{t\in[(r-1)h,rh)}\left\|u_r(t)\right\|\le\gamma_1(h)\times\max\left\{\frac{h}{2}\sum_{r=1}^{N}\beta h\right\}\alpha h\times$$

$$\times\sup_{t\in[(r-1)h,rh)}\left\|u_r(t)\right\|\le\gamma_1(h)\times\max\left\{1,\frac{h}{2}\beta T\right\}\alpha h\times\sup_{t\in[(r-1)h,rh)}\left\|u_r(t)\right\| \qquad (16)$$

$\lambda_r=\lambda_r^{(1)}$ мәніндегі Коши (3) есебінің $u_r^{(1)}(t)$ шешімін табу үшін біртіндеп жуықтау әдісін пайдаланамыз. $u_r^{(1,0)}(t)=u_r^{(0)}(t)$,

$$u_r^{(1,m+1)}(t)=\int_{(r-1)\mathrm{h}}^{t}A(\tau)u_r^{(1,m)}(\tau)d\tau+\int_{(r-1)\mathrm{h}}^{t}A(\tau)\lambda_r^{(1)}d\tau+\int_{(r-1)\mathrm{h}}^{t}f(\tau)d\tau \qquad (17)$$

Сонда: $u_r^{(1,1)}(t)=\int\limits_{(r-1)\mathrm{h}}^{t}A(\tau)u_r^{(1,0)}(\tau)d\tau+\int\limits_{(r-1)\mathrm{h}}^{t}A(\tau)\lambda_r^{(1)}d\tau+\int\limits_{(r-1)\mathrm{h}}^{t}f(\tau)d\tau$. $u_r^{(0)}(t)$ функциясының сол жақ ақырлы шегі $\lim\limits_{t\to rh-0}u_r^{(0)}(t)$ барлық $r=\overline{1,N}$ үшін бар болғандықтан $u_r^{(0)}(t)$ функциясын $t=rh$ нүктесінің сол жақ шегінде анықтап $t\in[(r-1)h,rh)$ интервалында үзіліссіз $\tilde{u}_r^{(0)}(t)$-функциясын аламыз. $A(t),f(t)-$ ның $[0,T]$ сегментінде үзіліссіздігінен шектің $\lim\limits_{t\to rh-0}u_r^{(1,1)}(t)=\int\limits_{(r-1)h}^{t_r}A_r(\tau)\tilde{u}_r^{(0)}(\tau)d\tau+\int\limits_{(r-1)h}^{t_r}A(\tau)d\tau\lambda_r^{(1)}+\int\limits_{(r-1)h}^{t_r}f(\tau)d\tau$ бар екендігі шығады. $u_r^{(1,1)}(t)$ функциясын $t=(r-1)h$ нүктесінде $u_r^{(1,1)}(t)=\lim\limits_{t\to(r-1)h}u_r^{(1,1)}(t)$ теңдігімен анықтап $[(r-1)h,rh]$ сегментінде үзіліссіз $u_r^{(1,1)}(t)$ функциясын аламыз. Сонда $t\in[(r-1)h,rh]$ интервалында интеграл астындағы функцияның үзіліссіздігін ескере отырып $u_r^{(1,2)}(t)=\int\limits_{(r-1)h}^{t}A(\tau)\tilde{u}_r^{(1,1)}(\tau)d\tau+\int\limits_{(r-1)h}^{t}A(\tau)\lambda_r^{(1)}d\tau+\int\limits_{(r-1)h}^{t}f(\tau)d\tau$ $t\to r-h0$ ға ұмтылғанда шекке көшсек сол жақ шектің бар екендігін көреміз

$$\lim_{t\to rh-0}u_r^{(1,2)}(t)=\int\limits_{(r-1)h}^{t}A(\tau)\tilde{u}_r^{(1,1)}(\tau)d\tau+\int\limits_{(r-1)h}^{t}A(\tau)\lambda_r^{(1)}d\tau+\int\limits_{(r-1)h}^{t}f(\tau)d\tau.$$

Итерациялы процесті (17) пайдаланып ақырлы сол жақ шектің $\lim\limits_{t\to(r-1)h-0}u_r^{(1,m)}(t)$ барлық m=3,4,…үшін бар екендігін аламыз. (14) тәріздес $u^{(1,m)}[t]$ функциясының $C([0,T],rh,R^{Nn})$ кеңістігінің нормасы бойынша $u^{(1)}[t]$ функциясына жинақталатындығы тағайындалады. Осы кеңістіктің толықтығынан $u^{(1)}[t]\in C([0,T],rh,R^{Nn})$. Коши есебінің екі шешімінің айырымын бағалайық:

$$\left\|u_r^{(1)}(t)-u_r^{(0)}(t)\right\|\le\int\limits_{(r-1)h}^{t}\alpha\left\|u_r^{(1)}(\tau)-u_r^{(0)}(\tau)\right\|d\tau+\int\limits_{(r-1)h}^{t}\alpha\left\|\lambda_r^{(1)}-\lambda_r^{(0)}\right\|d\tau,$$

$t\in[(r-1)h,rh)$, $r=\overline{1,N}$. Осы теңсіздікке Гронуолла – Беллман [17] теңсіздігін пайдаланып алатынымыз:

$$\left\|u_r^{(1)}(t)-u_r^{(0)}(t)\right\|\le\left(e^{\alpha(t-(r-1)h)}-1\right)\left\|\lambda_r^{(1)}-\lambda_r^{(0)}\right\| \tag{18}$$

Итерацияны жалғастырудан $\left(\lambda^{(k)},u^{(k)}[t]\right)$, мұндағы $\lambda^{(k)}\in R^{Nn},u^{(k)}[t]\in\left(C[0,T],rh,R^{Nn}\right)$ $k=1,2,.....$ жұптар тізбегі табылады да, Гронуолла – Беллман теңсіздігін қайта қолданудан Коши есебі шешімінің айырымы белгісіз параметрлер арқылы бағаланады:

$$\left\|u_r^{(k)}(t)-u_r^{(k-1)}(t)\right\|\le\left(e^{\alpha(t-(r-1)h)}-1\right)\left\|\lambda_r^{(k)}-\lambda_r^{(k-1)}\right\|,\quad t\in[(r-1)h,rh),\ r=\overline{1,N} \tag{19}$$

Осыдан:

$$\left\|u^{(k)}[\cdot]-u^{(k-1)}[\cdot]\right\|_2\le\left(e^{\alpha h}-1\right)\left\|\lambda^{(k)}-\lambda^{(k-1)}\right\| \tag{20}$$

(9) теңдеуінің оң жақтары сәйкесінше $G_1\left(u^{(k)},rh\right)$, $G_1\left(u^{(k-1)},rh\right)$ функциялары болғандағы шешімі $\lambda^{(k+1)},\lambda^{(k)}$ болғандықтан олардың айырымының нормасы үшін келесі теңсіздік дұрыс:

$$\left\|\lambda^{(k+1)}-\lambda^{(k)}\right\|=\left\|\left[Q_1(h)\right]^{-1}\right\|\left\|G_1\left(u^{(k)},h\right)-G_1\left(u^{k-1},h\right)\right\|\le\gamma_1(h)\times$$

$$\times\left\|h\sum_{r=1}^{N}\int_{(r-1)h}^{rh}B(x)\int_{(r-1)h}^{x}A(t)\left[u_r^{(k)})-u_r^{(k-1)}(t)\right]dtdx,\quad \max_{s=\overline{1,N-1}}\int_{(s-1)h}^{sh}A(t)\left[u_s^{(k)})-u_s^{(k-1)}(t)\right]dt\right\|\le$$

$$\le\gamma_1(h)\times\max\left\{h\sum_{r=1}^{N}\alpha\beta\left[\frac{x^2}{2}-(r-1)h\cdot x\right]\Bigg|_{(r-1)h}^{rh},\max_{s=\overline{1,3}}\alpha\left[sh-(s-1)h\right]\right\}\times$$

$$\times\sup_{t\in[(r-1)h,rh)}\left\|u_r^{(k)})-u_r^{(k-1)}(t)\right\|\le\gamma_1(h)\times\max\left\{1,\frac{h}{2}\sum_{r=1}^{N}\beta h\right\}\alpha h\times$$

$$\times\sup_{t\in[(r-1)h,rh)}\left\|u_r^{(k)}(t)-u_r^{(k-1)}(t)\right\|\le\gamma_1(h)\times\max\left\{1,\frac{h}{2}\beta T\right\}\alpha h\times\sup_{t\in[(r-1)h,rh)}\left\|u_r^{(k)}(t)-u_r^{(k-1)}(t)\right\|$$

(19) теңсіздігінің оң жағын соңғы теңсіздіктегі $\left\|u_r^{(k)}(\tau)-u_r^{(k-1)}(\tau)\right\|$, $r=\overline{1,4}$ айырымдарының мәнін орнына қойсақ, алатынымыз:

$$\left\|\lambda^{(k+1)}-\lambda^{(k)}\right\|\le q_1(h)\left\|\lambda^{(k)}-\lambda^{(k-1)}\right\|,\quad k=1,2,\ldots\ldots \tag{21}$$

Теорема шартынан $q_1(h)<1$ болғандықтан (21) теңсіздігінен $\lambda^{(k)}$ тізбегінің $\lambda^{(*)}$-ға жинақталатындығын, ал (20) теңсіздігінен $u^{(k)}[t]$ функциясының $C\left([0,T],h,R^{Nn}\right)$ кеңістігінің нормасы бойынша $u^{(*)}[t]$ функциясына жинақталатындығы шығады. Кеңістіктің толықтығын ескерсек, онда $u^*(t)\in C\left([0,T],h,R^{Nn}\right)$.

Шешімнің жалғыз екенін көрсетейік.

$\left(\tilde{\lambda},\tilde{u}[t]\right)$ – (3) – (5) есебінің тағы бір шешімі болсын. (20),(21) теңсіздіктері негізінде келесі теңсіздіктерді алуға болады. $\left\|u^*[\cdot]-\tilde{u}[\cdot]\right\|_2\le\left(e^{\alpha h}-1\right)\left\|\lambda^*-\tilde{\lambda}\right\|$, $\left\|\lambda^*-\tilde{\lambda}\right\|\le q_1(h)\left\|\lambda^*-\tilde{\lambda}\right\|$, $q_1(h)<1$ болғандықтан $\lambda^*=\tilde{\lambda}$, $\tilde{u}^*[t]=\tilde{u}[t]$ теңдік-терінің орындалуы орынды. Демек барлық $t\in[(r-1)h,rh]$, $r=\overline{1,N}$ үшін $\lambda_r^*=\tilde{\lambda}_r$, $u_r^*(t)=\tilde{u}_r(t)$. Теорема 1 дәлелденді.

(1)– (2) және (3) – (5) есептерінің эквиваленттілігінен теорема 1- ден келесі тұжырым алынады:

Теорема 2. Теорема 1 шарттары орындалсын. Онда (1) – (2) есебінің жалғыз шешімі $x^*(t)$ бар болады және келесі бағалау орынды.

$$\left\|x^*(t)-x^{(k)}(t)\right\|\le\frac{\left[q_1(h)\right]^k}{1-q_1(h)}\gamma_1(h)\max\left(1,\frac{h}{2}\beta T\right)\alpha h\times e^{\alpha h}\times M_1(h), \tag{22}$$

мұндағы $x^{(k)}(t)$ функциясы $[0,T]$ кесіндісінде үзіліссіз дифференциал-данатын функция. $\lambda_r^{(k)}+u_r^{(k)}(t)$, $r=\overline{1,4}$, $k=0,1,2,\ldots\ldots$ функциясы $t\in[(r-1)h,rh)$, $r=\overline{1,N}$ интервалында $x^{(k)}(t)$ функциясының сығылымы болады. Теорема 2 дәлелденді.

Мысал ретінде келесі есепті қарастырайық. $[0,0.5]$ кесіндісінде екінші ретті дифференциалдық теңдеу үшін екі нүктелі шеттік есепті қарастырайық:

$$\frac{dy}{dx}=A(x)y+F(x),\qquad x\in[0,0.5], \tag{23}$$

$$\int_0^1 B(x)y(x)dx=d,\quad d\in R^2\ y\in R^2 \tag{24}$$

мұндағы $A(x)=\begin{pmatrix}x & 1\\ 0 & x\end{pmatrix}$, $B(x)=\begin{pmatrix}2x & 0\\ 0 & 1\end{pmatrix}$,, $d=\begin{pmatrix}1/32\\ 1/4\end{pmatrix}$, $x=\begin{pmatrix}x_1\\ x_2\end{pmatrix}$ $F(x)=\begin{pmatrix}-x^3\\ 2-2x^2\end{pmatrix}$

(23), (24) шеттік есепке параметрлеу әдісін қолданамыз, яғни белгісіз параметрлер шешімінің мәні ретінде $[0,0.5]$ кесіндісінің бөліктеу аралықтарының бастапқы нүктесінде енгіземіз.

$h>0: Nh=T,\quad h=0.125$ қадамын алып, осы бойынша бөліктеу жасаймыз $[0,T)=\bigcup_{r=1}^{4}[0.125(r-1),0.125r).$ $[0.125(r-1),0.125r)$ интервалындағы $y(x)$ функциясының сығылуын $y_r(x)=y(x),\quad x\in[0.125(r-1);0.125r)$ деп белгілейік. $\lambda_1=y_1(0),\ \lambda_2=y_2(0.125),\ \lambda_3=y_3(0.25),$ $\lambda_4=y_4(0.375)$ белгілеулер енгізіп $[0,0.125),\ [0.125,0.25),\ [0.25,0.375),\ [0.375,0.5)$ интервалдарында $u_1=y_1(x)-\lambda_1,\ u_2=y_2(x)-\lambda_2,\ u_3=y_3(x)-\lambda_3,\ u_4=y_4(x)-\lambda_4$ алмастыруларын енгіземіз. Сонда (23) – (24) есебі эквивалентті, көпнүктелі параметрлі шеттік есепке келтіріледі:

$$\frac{du_r}{dx}=\begin{pmatrix}x & 1\\ 0 & x\end{pmatrix}[u_r+\lambda_r]+F(x),\quad u_r((r-1)h)=0,\quad x\in[(r-1)h,rh),\quad r=\overline{1,N} \tag{25}$$

$$\sum_{r=1}^{4}\int_{(r-1)h}^{rh}B(x)(u_r(x)+\lambda_r)dx=d\,, \tag{26}$$

$$\lim_{x\to sh-0}u_1(x)+\lambda_s=\lambda_{s+1},\quad s=1,2,3 \tag{27}$$

(25) дифференциалдық теңдеуі Вольтердің II текті интегралдық теңдеуіне эквивалентті

$$u_r(x)=\int_{(r-1)h}^{x}\begin{pmatrix}t & 1\\ 0 & t\end{pmatrix}[u_r+\lambda_r]dt+\int_{0}^{x}F(t)dt,\qquad x\in[(r-1)h,rh),\quad r=1,2,3\,. \tag{28}$$

Интегралдық теңдеудің (28) оң жағын (26), (27) шарттарына қойып белгісіз параметр $\lambda=(\lambda_1,\lambda_2,\lambda_3,\lambda_4)\in R^8$ – ге байланысты теңдеулер жүйесін аламыз.

$$\sum_{r=1}^{4}\int_{(r-1)h}^{rh}\begin{pmatrix}2x & 0\\ 0 & 1\end{pmatrix}\left[\int_{(r-1)h}^{x}\begin{pmatrix}t & 1\\ 0 & t\end{pmatrix}dt+I\right]\lambda_r dx=-d+\sum_{r=1}^{4}\int_{(r-1)h}^{rh}\begin{pmatrix}2x & 0\\ 0 & 1\end{pmatrix}\int_{(r-1)h}^{x}\begin{pmatrix}-x^3\\ 2-2x^2\end{pmatrix}dtdx+$$

$$+\sum_{r=1}^{4}\int_{(r-1)h}^{rh}\begin{pmatrix}2x & 0\\ 0 & 1\end{pmatrix}\int_{(r-1)h}^{x}\begin{pmatrix}t & 1\\ 0 & t\end{pmatrix}u_r(t)dtdx \tag{29}$$

$$\left[\int_{(s-1)h}^{sh}\begin{pmatrix}x & 1\\ 0 & x\end{pmatrix}dx+I\right]\lambda_s-\lambda_{s+1}=-\int_{(s-1)h}^{sh}\begin{pmatrix}-x^3\\ 2-2x^2\end{pmatrix}dx-\int_{(s-1)h}^{sh}\begin{pmatrix}x & 1\\ 0 & x\end{pmatrix}u_s(x)dx \tag{30}$$

(29) – (30) теңдеулерінің сол жағына сәйкес келетін матрицаны $Q_1(h)$, оң жағын $F_1(h),\quad G_1(u,h)$ деп белгілейміз, сонда мынадай сызықты теңдеулер жүйесін аламыз

$$Q_1(h)\cdot\lambda=-F_1(h)-G_1(u,h),\quad \lambda\in R^8 \tag{31}$$

мұндағы:

$$Q_1(0.125)=$$

$$=\begin{pmatrix}\int_0^{0.125}B(x)\left[\int_0^{x}A(t)dt+I\right]dx & \int_{0.125}^{0.25}B(x)\left[\int_{0.125}^{x}A(t)dt+I\right]dx & \int_{0.25}^{0.375}B(x)\left[\int_{0.25}^{x}A(t)dt+I\right]dx & \int_{0.375}^{0.5}B(x)\left[\int_{0.375}^{x}A(t)dt+I\right]dx\\ \int_0^{0.125}A(x)dx+I & -I & 0 & 0\\ 0 & \int_{0.125}^{0.25}A(x)dx+I & -I & 0\\ 0 & 0 & \int_{0.25}^{0.375}A(x)dx+I & -I\end{pmatrix}$$

$$F_1(h)=\left(-d+\sum_{r=1}^{4}\int_{(r-1)0.125}^{0.125r}B(x)\int_{(r-1)0.125}^{x}F(t)dtdx,\int_{0}^{0.125}F(x)dx,\int_{0.125}^{0.25}F(x)dx,\int_{0.25}^{0.375}F(x)dx\right)$$

$$G_1(u,h)=\left(\sum_{r=1}^{4}\int_{(r-1)0.125}^{0.125r}B(x)\int_{(r-1)0.125}^{x}A(t)u_r(t)dtdx,\int_{0}^{0.125}A(x)u_1(x)dx,\int_{0.125}^{0.25}A(x)u_2(x)dx,\int_{0.25}^{0.375}A(x)u_3(x)dx\right)$$

$$[Q_1(0.125)]=\begin{pmatrix}1.016 & 0.0013 & 1.048 & 0.0033 & 1.08 & 0.0052 & 1.112 & 0.0072\\ 0 & 1.125 & 0 & 1.126 & 0 & 0.127 & 0 & 0.128\\ 1.0078 & 0.125 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 1.0078 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 1.023 & 0.125 & -1 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 1.023 & 0 & -1 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.039 & 0.125 & -1 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.039 & 0 & -1\end{pmatrix}$$

Теорема 1 шарттарының орындалуына тексереміз:

1) $\left\|\left[Q_1(0.125)\right]^{-1}\right\|\le 2.181$

2) $q_1(0.125)=2.182\cdot\max\left(1,\frac{0.125}{2}\cdot 1\cdot 0.5\right)\left\{e^{0.125}-1-0.125\right\}=0.017<1$

Теореманың екі шарты да орындалатындықтан (25)- (27) есебі бірмәнді шешілімді.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1 Мухамадиев Э., Наимов А. К теории двухточечных краевых задачдля диф-ференциальных уравнений второго порядка // Дифференц.уравнения. - 1999. - Т. 35, №10. - С. 1372-1381.

2 Самойленко А.М., Лаптинский В.Н., Кенжебаев К.К.Конструктивные методы исследования периодических и многоточечныхкраевых задач. - Киев: ИМ НАН Украины. - 1999. - 224 с.

3 Kelevedjew Petio. On existence of the solutions of boundary value problem for equations of the second order // Nonlinear Anal. -Thory. Meth. and Appl, 1998-32. №4. - P. 563-574.

4 Шовкопляс Т.В. Критерии разрешимости линейной краевой задачидля системы второго порядка// Укр.матем. журнал. -2000. 52. №6. - С. 861-864.

5 Yao Qing-liu. Existence of solutions and positive solutionsto a fourth-order two-point BVP with second derivative// J. Zhejiang Univ. Sci. - 2004. 5. № 3. - P. 353-357.

6 Monika Dosoudilova, Alexander Lomtatidze; Remark on periodic boundary-value problem for second-order linear ordinary differential equations, Vol. 2018 (2018), No. 13, pp. 1-7.

7 Джумабаев Д.С. Признаки однозначной разрешимости линейнойкраевой задачи для обыкновенного дифференциального уравнения // Ж.вычисл. матем. и матем. физ. - 1989. - Т. 29, №1. - С. 50-66.

8 Джумабаев Д.С., Назарова К.Ж. Метод параметризации исследования линейной краевой задачи и алгоритмы нахождения ее решения// Математический журнал МО и Н РК № 4, 2006, Стр. 40-47,

9 Назарова К.Ж. Решение линейных двухточечных краевых задач введением дополнительных параметров// Известия НАН РК. Сер. физ. -матем. -2003. №5. - С. 105-113.

10 Филатов А. Н. , Шарова Л.В. Интегральные неравенства и теория нелиней-ных колебаний. М.: Изд-во "Наука", 1976, -152с.

УДК 517.928
ГРНТИ 27.29.23

Д.Н. Нургабыл [1], К.А. Алибекова [2]

[1] д.ф.-м.н., профессор, Казахский государственный женский педагогический университет, г. Алматы, Казахстан
[2]Магистрант, Казахский государственный женский педагогический университет, г. Алматы, Казахстан

ОБЩАЯ КРАЕВАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ СИНГУЛЯРНО ВОЗМУЩЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Аннотация

В настоящей работе рассматривается общая разделенная краевая задача для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений третьего порядка с малым параметром при двух старших производных. Исследуется общая краевая задача в случае, когда дополнительное характеристическое уравнение наряду с нулевым корнем имеет корни с отрицательными и положительными вещественными частями. Построена фундаментальная система решений однородного уравнения рассматриваемой краевой задачи. Доказаны существования и единственность начальных и граничных функций возмущенной краевой задачи. Построено аналитическое представления решения исходной сингулярно возмущенной краевой задачи. При достаточно малых значениях параметра $\varepsilon > 0$ доказана теорема существования и единственности, найдены асимптотические оценки решения краевой задачи. Сформулирована вырожденная задача. Доказан предельный переход решения возмущенной задачи к решению невозмущенной задачи.

Ключевые слова: малый параметр, асимптотическое поведение, сингулярно возмущенная задача, невозмущенная задача, краевая задача, явление скачка, предельный переход.

Аңдатпа

Д.Н. Нұрғабыл[1], Қ.Ә. Әлібекова [2]

ЕРЕКШЕ АУЫТҚЫҒАН ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕҢДЕУЛЕР ҮШІН ЖАЛПЫ ШЕКАРАЛЫҚ ЕСЕП

[1] ф.-м.ғ.д., профессор, Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2] Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университетінің магистранты, Алматы қ.,Қазақстан

Бұл жұмыста жоғарғы ретті екі туындысының жанында кішкене параметрі бар үшінші ретті сызықты жай дифференциалдық теңдеулер үшін шекаралық шарттары бөлектетілген жалпы шекаралық есеп қарастырылған. Қосымша характеристикалық теңдеудің нөлдік түбірінен басқа, нақты бөліктері теріс және оң болатын түбірлері бар болып келген жағдайда қарастырылып отырған шекаралық есеп зерттелінген. Қарастырылып отырған шекаралық есептің біртекті теңдеуінің іргелі шешімдер жүйесі құрылған. Ерекше ауытқыған шекаралық есептің бастапқы және шекаралық функцияларының бар болуы және жалғыз болуы дәлелденген. Бастапқы ерекше ауытқыған шекаралық есеп шешімінің аналитикалық формуласы құрылған. $\varepsilon > 0$ параметрінің жеткілікті кіші мәндерінде шешімнің бар болуы және жалғыз болуы дәлелденген. Шекаралық есеп шешімінің асимптотикалық бағамы табылған. Туындалатын есеп тұжырымдалған. Ауытқыған есеп шешімінің ауытқымайтын есеп шешіміне шектік көшуі дәлелденген.

Түйін сөздер: кішкене параметр, асимптотикалық сипаттама, ерекше ауытқыған есеп, ауытқымаған есеп, шекаралық есеп,секіріс құбылысы, шекке көшу.

Abstract

GENERAL BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR SINGULARLY PERTURBED DIFFERENTIAL EQUATIONS

Nurgabyl D.N.[1], Alibekova K.A.[2]

[1]Dr. Sci. (Phys-Math), Professor, Kazakh State Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan
[2] Student of Master's Programme, Kazakh State Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan

In this paper we consider a general divided boundary value problem for linear third-order ordinary differential equations with a small parameter for the two highest derivatives. We study the boundary value problem under consideration in the case when the additional characteristic equation, along with the zero roots, has roots with negative and positive real parts. A fundamental system of solutions of the homogeneous equation of the boundary value problem is constructed. The existence and uniqueness of the initial and boundary functions of the perturbed boundary value problem are proved. Analytic representation of the solution of the original singularly perturbed boundary value problem

is constructed. For sufficiently small values of the parameter, the existence and uniqueness theorem is proved, and asymptotic estimates for the solution of the boundary value problem are found. The limiting transition of the solution of the perturbed problem to the solution of the unperturbed problem is proved.

Key words: small parameter, asymptotic behavior, singularly perturbed problem, unperturbed problem, boundary value problem, phenomenon jump, passage to the limit.

1. Постановка задачи. В [1-6] было исследовано асимптотическое поведение решений сингулярно возмущенных краевых и начальных задач с начальными скачками в случае, когда дополнительное характеристическое уравнение имело только корни с отрицательными вещественными частями. В данной работе рассматривается сингулярно возмущенная общая краевая задача в случае, когда дополнительное характеристическое уравнение наряду с $\mu_1 = 0$ имеет корни $\operatorname{Re}\mu_2 < 0,\ \operatorname{Re}\mu_3 > 0$.

Рассмотрим следующую сингулярно возмущенную краевую задачу

$$L_\varepsilon y \equiv \varepsilon^2 y''' + \varepsilon A(t)y' + B(t)y = F(t), \tag{1}$$

$$L_1 y = \alpha_{10} y(0,\varepsilon) + \alpha_{11} y'(0,\varepsilon) = a_1$$

$$L_2 y = \alpha_{20} y(1,\varepsilon) + \alpha_{21} y'(1,\varepsilon) = a_2$$

$$L_3 y = \beta_{10} y(1,\varepsilon) + \beta_{11} y'(1,\varepsilon) = a_3 \tag{2}$$

где ε - малый положительный параметр; a_1, a_2, a_3 – некоторые известные постоянные. $A(t), B(t), F(t)$ – функции, определенные на отрезке $[a,b]$.

Потребуем выполнения следующих условий:

I. *Пусть* $A(t), B(t) \in C(I),\ F(t) \in C^1(I),\ I = [0,1]$.

II. *Пусть* $B(t) \neq 0$ *при* $0 \le t \le 1$.

III. *Дополнительное характеристическое уравнение*

$$\mu^3 + A(t)\mu = 0 \tag{3}$$

имеет различные корни $\mu_1 = 0, \mu_2, \mu_3$, *причем* $\operatorname{Re}\mu_2 < 0, \operatorname{Re}\mu_3 > 0$.

2.Фундаментальная система решений однородного возмущенного уравнения. Наряду с уравнением (1) рассмотрим соотвествующее однородное уравнение

$$L_\varepsilon y \equiv \varepsilon^2 y''' + \varepsilon A(t)y' + B(t)y = 0. \tag{4}$$

При выполнении условии $I - III$ в [7] было доказано, что для фундаментальной системы решений возмущенного однородного уравнения (4) справедливы следующие асимптотические при $\varepsilon \to 0$ представления:

$$y_1^{(q)}(t,\varepsilon) = u_{10}^{(q)}(t) + O(\varepsilon),$$

$$y_2^{(q)}(t,\varepsilon) = \frac{1}{\varepsilon^q} \exp\left(\frac{1}{\varepsilon}\int_0^t \mu_2(x)dx\right)\left(u_{20}(t)\mu_2{}^q(t) + O(\varepsilon)\right), \tag{5}$$

$$y_3^{(q)}(t,\varepsilon) = \frac{1}{\varepsilon^q} \exp\left(-\frac{1}{\varepsilon}\int_t^1 \mu_3(x)dx\right)\left(u_{30}(t)\mu_3{}^q(t) + O(\varepsilon)\right), q = 0,1,2.$$

где $u_{10}(t) = \exp\left(-\int_0^t \frac{B(x)}{A(x)}dx\right),\ u_k(t) = \exp\left(-\int_0^t \frac{q_k(x)}{p_k(x)}dx\right) \neq 0, \quad k = 2,3,$

$$p_k(t) = \mu_k(t)(1 + 2\mu_k(t)) \neq 0, t \in [0,1], k = 2,3,$$

$$q_k(t) = B(t) + 3\mu_k(t)\mu_k'(t), t \in [0,1], k = 2,3.$$

IV. Пусть $\alpha_{11} \neq 0,\ \tilde{J} = \beta_{11}L_2u_{10} + \alpha_{21}L_3u_{10} \neq 0$.

Используя (5), получаем, что для определителя Вронского фундаментальной системы решений уравнения (4) при достаточно малых ε на отрезке $0 \le t \le 1$ справедливо

$$W(t,\varepsilon) = \frac{1}{\varepsilon^3}\exp\left(\frac{1}{\varepsilon}\int_0^t \mu_2(x)dx + \frac{1}{\varepsilon}\int_1^t \mu_3(x)dx\right) \times u_{10}(t)u_{20}(t)u_{30}(t)\mu_2(t)\mu_3(t)(\mu_3(t)-\mu_2(t))(1+O(\varepsilon)) \neq 0.$$

Здесь согласно процедуре определения функции $u_1(t), u_2(t), u_3(t)$ отличны от нуля на отрезке $0 \le t \le 1$, корни $\mu_2(t),\ \mu_3(t)$ различны и также отличны от нуля.

3. Построение начальных функций. Рассмотрим функцию Коши [1]:

$$K(t,s,\varepsilon) = \frac{W(t,s,\varepsilon)}{W(s,\varepsilon)}. \tag{7}$$

Здесь $W(s,\varepsilon)$ – вронскиан фундаментальной системы решений уравнения (4), $W(t,s,\varepsilon)$ – определитель третьего порядка, который получается из $W(s,\varepsilon)$ заменой третьей строки соответственно строкой $y_1(t,\varepsilon), y_2(t,\varepsilon), y_3(t,\varepsilon),$ где $y_i(t,\varepsilon), i = 1,2,3$ – фундаментальная система решений уравнения (4).

Используя функцию $K(t,s,\varepsilon)$ введем так называемые начальные функции [7]:

$$K_0(t,s,\varepsilon) = \frac{W_0(t,s,\varepsilon)}{W(s,\varepsilon)};\quad K_1(t,s,\varepsilon) = \frac{W_1(t,s,\varepsilon)}{W(s,\varepsilon)}, \tag{8}$$

где $W_0(t,s,\varepsilon),\ W_1(t,s,\varepsilon)$ определители 3-го порядка, которые получаются из $W(s,\varepsilon)$ заменой 3-ой строки соответственно строками

$(y_1(t,\varepsilon), y_2(t,\varepsilon), 0);\ (0,\ 0, y_3(t,\varepsilon)),$

элементы которых составлены на основе фундаментальной системы решений уравнения (4).

4. Построение граничных функций. Введем в рассмотрение граничные функции:

$$\Phi_i(t,\varepsilon) = \frac{J_i(t,\varepsilon)}{J(\varepsilon)}, i = 1,2,3, \tag{10}$$

где $J(\varepsilon)$ представляет собой определитель третьего порядка, элементы которого составлены на основе системы решений (5) и имеет вид

$$J(\varepsilon) = \begin{vmatrix} L_1y_1 & L_1y_2 & L_1y_3 \\ L_2y_1 & L_2y_2 & L_2y_3 \\ L_3y_1 & L_3y_2 & L_3y_3 \end{vmatrix},$$

$J_i(t,\varepsilon),\ i = 1,2,3$ – определитель получаемый из определителя $J(\varepsilon)$ с помощью замены i-ой строки строкой $y_1(t,\varepsilon), y_2(t,\varepsilon), y_3(t,\varepsilon)$, элементы которой составлены на основе фундаментальной системы решений уравнения (4).

Элементы определителя $J(\varepsilon)$ при $\varepsilon \to 0$ представимы в виде:

$$y_1(0,\varepsilon)=u_{10}(0)+O(\varepsilon),$$

$$y_2(0,\varepsilon)=\exp\left(\frac{1}{\varepsilon}\int_0^0\mu_2(x)dx\right)\left(u_{20}(0)+O(\varepsilon)\right)=u_{20}(0)+O(\varepsilon)$$

$$y_3(0,\varepsilon)=\exp\left(-\frac{1}{\varepsilon}\int_0^1\mu_3(x)dx\right)\left(u_{30}(0)+O(\varepsilon)\right)$$

$$y_1(1,\varepsilon)=u_{10}(1)+O(\varepsilon),$$

$$y_2(1,\varepsilon)=\exp\left(\frac{1}{\varepsilon}\int_0^1\mu_2(x)dx\right)\left(u_{20}(1)+O(\varepsilon)\right),$$

$$y_3(1,\varepsilon)=\exp\left(-\frac{1}{\varepsilon}\int_1^1\mu_3(x)dx\right)\left(u_{30}(1)+O(\varepsilon)\right)=u_{30}(1)+O(\varepsilon)$$

$$y_1'(0,\varepsilon)=u_{10}^{(q)}(0)+O(\varepsilon),$$

$$y_2'(0,\varepsilon)=\frac{1}{\varepsilon^q}u_{20}(0)\mu_2{}^q(0)\left[1+O(\varepsilon)\right], \qquad (11)$$

$$y_3'(0,\varepsilon)=\frac{1}{\varepsilon^q}\exp\left(-\frac{1}{\varepsilon}\int_0^1\mu_3(x)dx\right)u_{30}(0)\mu_3{}^q(0)\left[1+O(\varepsilon)\right],$$

$$y_1'(1,\varepsilon)=u_{10}^{(q)}(1)+O(\varepsilon),$$

$$y_2'(1,\varepsilon)=\frac{1}{\varepsilon^q}\exp\left(\frac{1}{\varepsilon}\int_0^1\mu_2(x)dx\right)u_{20}(1)\mu_2{}^q(1)\left[1+O(\varepsilon)\right],$$

$$y_3'(1,\varepsilon)=\frac{1}{\varepsilon^q}u_{30}(1)\mu_3{}^q(1)\left[1+O(\varepsilon)\right], \quad q=0,1$$

$$L_1y_1=\alpha_{10}y_1(0,\varepsilon)+\alpha_{11}y_1'(0,\varepsilon)=\alpha_{10}(u_{10}(0)+O(\varepsilon))+\alpha_{11}(u_{10}'(0)+O(\varepsilon))=$$
$$=\alpha_{10}u_{10}(0)+\alpha_{11}u_{10}'(0)+O(\varepsilon)=L_1u_{10}(0)+O(\varepsilon)$$

$$L_1y_2=\alpha_{10}y_2(0,\varepsilon)+\alpha_{11}y_2'(0,\varepsilon)=\alpha_{10}(u_{20}(0)+O(\varepsilon))+\alpha_{11}(\frac{1}{\varepsilon}u_{20}(0)\mu_2(0)+O(\varepsilon))=$$
$$=\alpha_{10}(u_{20}(0)+O(\varepsilon))+\alpha_{11}\frac{1}{\varepsilon}(u_{20}(0)\mu_2(0)+O(\varepsilon))=$$
$$=\frac{1}{\varepsilon}\left[\varepsilon\alpha_{10}(u_{20}(0)+O(\varepsilon))+\alpha_{11}(u_{20}(0)\mu_2(0)+O(\varepsilon))\right]$$
$$=\frac{1}{\varepsilon}(\alpha_{11}u_{20}(0)\mu_2(0)+O(\varepsilon))$$

$$L_1y_3=\alpha_{10}y_3(0,\varepsilon)+\alpha_{11}y_3'(0,\varepsilon)=\alpha_{10}(u_{30}(0)+O(\varepsilon))+$$
$$+\alpha_{11}(\frac{1}{\varepsilon}\exp\left(-\frac{1}{\varepsilon}\int_0^1\mu_3(x)dx\right)u_{30}(0)\mu_3{}^q(0)+O(\varepsilon))=$$
$$=\alpha_{10}u_{30}(0)+\alpha_{11}\frac{1}{\varepsilon}\exp\left(-\frac{1}{\varepsilon}\int_0^1\mu_3(x)dx\right)u_{30}(0)\mu_3{}^q(0)+O(\varepsilon)=O(\varepsilon^k)$$

$$L_2y_1=\alpha_{20}y_1(1,\varepsilon)+\alpha_{21}y_1'(1,\varepsilon)=\alpha_{20}(u_{10}(1)+O(\varepsilon))+\alpha_{21}(u_{10}'(1)+O(\varepsilon))=$$
$$=\alpha_{20}u_{10}(1)+\alpha_{21}u_{10}'(1)+O(\varepsilon)=L_2u_{10}(1)+O(\varepsilon)$$

$$L_2y_2=\alpha_{20}y_2(1,\varepsilon)+\alpha_{21}y_2'(1,\varepsilon)=\alpha_{20}(\exp\left(\frac{1}{\varepsilon}\int_0^1\mu_2(x)dx\right)\left(u_{20}(1)+O(\varepsilon)\right)+$$

$$+\alpha_{21}(\frac{1}{\varepsilon}\exp\left(\frac{1}{\varepsilon}\int_0^1\mu_2(x)dx\right)u_{20}(1)\mu_2(1)+O(\varepsilon))=O(\varepsilon^k)$$

$$L_2y_3=\alpha_{20}y_3(1,\varepsilon)+\alpha_{21}y_3'(1,\varepsilon)=\alpha_{20}\left(u_{30}(1)+O(\varepsilon)\right)+\alpha_{21}(\frac{1}{\varepsilon}u_{30}(1)\mu_3(1)+O(\varepsilon))=$$

$$=\frac{1}{\varepsilon}\left[\varepsilon\alpha_{20}\left(u_{30}(1)+O(\varepsilon)\right)+\alpha_{21}u_{30}(1)\mu_3(1)+O(\varepsilon))\right]=$$

$$=\frac{1}{\varepsilon}(\alpha_{21}u_{30}(1)\mu_3(1)+O(\varepsilon))$$

$$L_3y_1=\beta_{10}y_1(1,\varepsilon)+\beta_{11}y_1'(1,\varepsilon)=\beta_{10}(u_{10}(1)+O(\varepsilon))+\beta_{11}(u_{10}'(1)+O(\varepsilon))=$$

$$=L_3u_{10}+O(\varepsilon)$$

$$L_3y_2=\beta_{10}y_2(1,\varepsilon)+\beta_{11}y_2'(1,\varepsilon)=\beta_{10}(\exp\left(\frac{1}{\varepsilon}\int_0^1\mu_2(x)dx\right)\left(u_{20}(1)+O(\varepsilon)\right)+$$

$$+\beta_{11}(\frac{1}{\varepsilon^q}\exp\left(\frac{1}{\varepsilon}\int_0^1\mu_2(x)dx\right)u_{20}(1)\mu_2(1)+O(\varepsilon))=O\left(\varepsilon^k\right)$$

$$L_3y_3=\beta_{10}y_3(1,\varepsilon)+\beta_{11}y_3'(1,\varepsilon)=\beta_{10}\left(u_{30}(1)+O(\varepsilon)\right)+\beta_{11}(\frac{1}{\varepsilon}u_{30}(1)\mu_3(1)+O(\varepsilon))=$$

$$=\frac{1}{\varepsilon}\left[\varepsilon\beta_{10}\left(u_{30}(1)+O(\varepsilon)\right)+\beta_{11}u_{30}(1)\mu_3(1)+O(\varepsilon))\right]=$$

$$=\frac{1}{\varepsilon}(\beta_{11}u_{30}(1)\mu_3(1)+O(\varepsilon))$$

Тогда определитель $J(\varepsilon)$ в силу (11) при достаточно малых ε на отрезке $0\le t\le 1$ представим в виде:

$$J=\begin{vmatrix} L_1u_{10}(0)+O(\varepsilon) & \frac{1}{\varepsilon}(\alpha_{11}u_{20}(0)\mu_2(0)+O(\varepsilon)) & O(\varepsilon^k) \\ L_2u_{10}(0)+O(\varepsilon) & O(\varepsilon^k) & \frac{1}{\varepsilon}(\alpha_{21}u_{30}(1)\mu_3(1)+O(\varepsilon)) \\ L_3u_{10}(0)+O(\varepsilon) & O(\varepsilon^k) & \frac{1}{\varepsilon}(\beta_{11}u_{30}(1)\mu_3(1)+O(\varepsilon)) \end{vmatrix}=$$

$$=\frac{1}{\varepsilon^2}\alpha_{11}u_{20}(0)u_{30}(1)\mu_2(0)\mu_3(1)\left(L_2u_{10}(0)\beta_{11}-L_3u_{10}(0)\alpha_{21}+O(\varepsilon)\right)$$

$$J(\varepsilon)=\frac{1}{\varepsilon^2}\alpha_{11}u_{20}(0)u_{30}(1)\mu_2(0)\mu_3(1)\left(\tilde{J}+O(\varepsilon)\right)\neq 0. \quad (12)$$

5. Построение решения краевой задачи. Справедлива следующая теорема.

Теорема 1. *Пусть выполнены условия* $I-IV$, *тогда решение* $y(t,\varepsilon)$ *краевой задачи (1) (2) существует на сегменте* $0\le t\le 1$, *единственно и представимо формулой*

$$y(t,\varepsilon) == a_1\Phi_1(t,\varepsilon) + a_2\Phi_2(t,\varepsilon) + a_3\Phi_3(t,\varepsilon) - \Phi_1(t,\varepsilon)\frac{1}{\varepsilon^2}\sum_{j=0}^{1}\alpha_{1j}\int_0^1 K_1^{(j)}(0,s,\varepsilon)F(s)ds -$$

$$-\Phi_2(t,\varepsilon)\frac{1}{\varepsilon^2}\sum_{j=0}^{1}\alpha_{2j}\int_0^1 K_0^{(j)}(1,s,\varepsilon)F(s)ds - \Phi_3(t,\varepsilon)\frac{1}{\varepsilon^2}\sum_{j=0}^{1}\beta_{1j}\int_0^1 K_0^{(j)}(1,s,\varepsilon)F(s)ds + \quad (13)$$

$$+\frac{1}{\varepsilon^2}\int_0^t K_0(t,s,\varepsilon)F(s)ds + \frac{1}{\varepsilon^2}\int_t^1 K_1(t,s,\varepsilon)F(s)ds.$$

Доказательство. Для доказательства теоремы непосредственной проверкой достаточно убедиться что функция, заданная по формуле (13), удовлетворяет всем условиям определения решения краевой задачи (1), (2). Неравенство (12) обеспечивает единственность решения задачи (1), (2). Теорема доказана.

Список использованной литертауры

1 Касымов К.А., Нургабыл Д.Н. Асимптотические оценки решения сингулярно возмущенной краевой задачи с начальным скачком для линейных дифференциальных уравнений // Дифференциальные уравнения. – 2004. – Т.40. – № 4 – С. 597-607

2 Касымов К.А., Жакипбекова Д.А., Нургабыл Д.Н. Представление решения краевой задачи для линейного дифференциального уравнения с малым параметром при старших производных // Вестник Казахского национального университета им. Аль- Фараби – 2001. – №3, - С.73-78.

3 Nurgabul D. Asymptotic estimates for the Solution of a Restoration Problem with Initial Jump// Journal of Applied Mathematics. USA. Vol. – 2014 (2014), Article ID 956402

4 Дауылбаев М.К. Асимптотические оценки решений интегро-дифференциальных уравнений с малым параметром. // Математический журнал. Институт математики МОН РК, -2008. - т.8. - №4 –С.57-63.

5 Касымов К.А., Дауылбаев М.К., Атахан Н. Асимптотическое поведение решения сингулярно возмущенной краевой задачи для интегро-дифференциальных уравнений // Вестник КазНУ. Сер.матем., механ. Алматы, № 3 (2012). -С. 28-347.

6 Нургабыл Д.Н. Асимптотическое разложение решения краевой задачи с начальным скачком // Вестник Карагандинского государственного университета, серия математика. -2008, №1, С.40-47.

7 Нургабыл Д.Н. Построение решения сингулярно возмущенной краевой задачи имеющего начальный скачок // Вестник Кыргызского государственного Национального университета. 2001. сер.3., вып.6., С.173-177.

УДК 378.02:37.016
ГРНТИ 14.35.09

О.С. Сатыбалдиев[1], А.М. Орынбасар[2]

[1] д.п.н., профессор, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан

[2] PhD докторант, преподаватель, университет имени Сулеймана Демиреля, г.Каскелен, Казахстан

ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ И ИХ РОЛЬ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩЕГО УЧИТЕЛЯ МАТЕМАТИКИ

Аннотация

Эффективность и качество педагогических вузов определяются прежде всего тем, насколько реальный выпускник соответствует идеальный модели педагога-мастера, в какой степени владеет он профессиональным мастерством. Наряду с теоретической подготовкой будущего учителя, должно быть обращено на него практическую подготовку, т.е. на выработку умений и навыков работы с соответствующим материалом в средней школе. Вооружению практическими навыкамии и умениями способствует практические занятия по соответствующей дисциплине и самостоятельная работа студентов. В статье задачи на оптимизацию решают по обычной схеме из трех этапов математического моделирования: составление математической модели; работа с моделью; ответ на вопрос задачи, а также дается некоторые рекомендации методического плана.

Ключевые слова: профессиональная подготовка, умения, навыки, высшая математика, задачи, самостоятельная работа.

Аңдатпа.

О.С. Сатыбалдиев[1], Ә.М. Орынбасар[2]

ҮЙЛЕСІМДІЛІК ЕСЕПТЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ БОЛАШАҚ МАТЕМАТИКА МҰҒАЛІМДЕРІНІҢ КӘСІБИ ДАЯРЛЫҚТАРЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУДАҒЫ РӨЛІ

[1] п.ғ.д. профессор, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2] PhD докторант, оқытушы, Сулейман Демирель атындағы университеті, Қаскелен қ., Қазақстан

Педагогикалық жоғары оқу орындарының сапасы олардың кәсіби шеберліктің негіздерін қалай меңгергендіктерімен және шебер-педагог моделімен айқындалады. Болашақ мұғалімдердің теориялық даярлықтарымен қатар, олардың практикалық даярлықтарына, яғни мектеп материалдары бойынша қандай іскерліктер мен дағдыларды олардың бойларына қалыптастыру мәселелеріне басты назар аударылу қажет. Ол дағдылар мен іскерліктерді студенттерге математикалық курстардың пратикалық сабақтары мен өзіндік жұмыстар арқылы қаруландыра аламыз. Бұл мақалада қарапайым үйлесімділік есептері қарастырылды, олар математикалық модельдеудің математикалық модельдерді құру; құрылған модельмен жұмыс істеу; есептің талабына жауап беру кезеңдері арқылы шешіледі және оларға әдістемелік тұрғыдағы ұсыныстар беріледі.

Түйін сөздер: кәсіби даярлық, іскерлік, дағды, жоғары математика, есептер, өзіндік жұмыстар.

Abstract

PROBLEMS OF OPTIMIZATION AND THEIR ROLE FOR THE PROFESSIONAL TRAINING OF THE FUTURE TEACHER OF MATHEMATICS

Satybaldiyev O.S.[1], Orynbassar A.M.[2]
[1] Dr.Sci.(Pedagogical) Professor, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
[2] PhD student, Lecturer, SuleymanDemirel University, Kaskelen, Kazakhstan

The effectiveness and quality of pedagogical universities are determined primarily by the extent to which a real graduate corresponds to the ideal model of a teacher-master, to what extent he owns professional skills. Along with the theoretical preparation of the future teacher, practical training should be directed to it. On the development of skills and skills of working with the relevant material in high school. Arming with practical skills and skills is facilitated by practical classes in the relevant discipline and independent work of students. In the article, optimization problems are solved by the usual scheme of three stages of mathematical modeling: compilation of a mathematical model; work with the model; the answer to the question of the problem, as well as some recommendations of the methodological plan.

Key words: vocational training, skills, skills, higher mathematics, tasks, independent work.

Важнейшей задачей вузовской методикой является задача изложения математических курсов в педагогическом вузе с таким уклоном, что без их изучения и глубокого усвоения из них хорошо подготовленных для работы учителей математики не получится. Вся история высшего педагогического образования свидетельствует о необходимости совершенствования профессиональной направленности преподавания специальных дисциплин в педвузе. При этом основное внимание, должно быть обращено на его практическую подготовку, т.е. на выработку умений и навыков работы с соответствующим материалом в средней школе. Вооружение практическими навыками и умениями способствует практические занятия по соответствующей дисциплине и самостоятельная работа студентов. Следовательно, необходимо создать такую систему упражнений для практических занятий и самостоятельной работы студентов, которая бы в полной мере отвечала требованиям профессиональной подготовки будущего учителя математики средней школы. Педагогический вуз должен давать студенту-будущему учителю прежде всего то, что от него как от специалиста потребует жизнь. Определить же это можно, лишь зная, какие задачи потребуется решать этому специалисту, какие знания, умения и навыки он должен иметь для выполнения будущей профессиональной деятельности.

В отличие от естественных наук математика не связана с действительностью непосредственно. Число, уравнение, функция, предел, производная и т.д. является той реальностью, которая изучается высшей математикой. Студенты знакомятся с понятиями действительного числа, функции, предела, непрерывности, производной, которые являются понятиями достаточно высокой степени абстракции. Поэтому перед преподавателями математических курсов стоит задача раскрытия студентам связей высшей математики с действительностью, зачастую непрямых и неочевидных, а также задачи разъяснения основы происхождения основных понятий высшей математики. Преподаватели

математических курсов должны одновременно с этим подчеркнуть, что стадия абстрактного мышления является для высшей математики столь же необходимой, как его связь с действительностью. Именно абстрактность понятий высшей математики, логическая разработанность ее теорий и составляет ее силу, делает ее мощным инструментом познания, обеспечивает ей широкую применимость. Большое значение для воспитания мировоззрения студентов, а, следовательно, и школьников имеет раскрытие роли практики в развитии высшей математики. Преподаватель высшей математики обязан разъяснить студентам, что именно практика, включающая современную технику, научную деятельность, направляет запросы человека к высшей математике и вместе с тем служит полигоном для проверки ее значимости, значимости ее конструкций и методов.

Конечно, например, задачи на максимум и минимум, предлагаемые в системе упражнений по высшей математике, довольно далеки по содержанию, по сложности и способам решения от проблем оптимизации в технике и на производстве, но, рассматривая их, можно дать будущему учителю представление о постановке проблемы, о ее важным практическом значении, об идее ее решение. Все это учитель должен уметь использовать в своей профессиональной деятельности. Требование к преподаванию высшей математики в различных учебных заведениях должны быть связаны с особенностью специальной подготовки в том или ином вузе. Поэтому задачи, предлагаемая нами для практических занятий и самостоятельной работы по высшей математике в педвузе, обладает рядом дидактических и методических особенностей, которые отличают ее от системы упражнений по высшей математике во втузе или университете.

Особную важность имеют те методы науки, которые позволяют решать задачу, общую для всей практической деятельности человека. С такими задачами в наше время приходиться иметь дело представителям самых разных специальностей: инженеры-технологи стараются так организовать производство, чтобы выпускалась как можно больше продукции; конструкторы пытаются разработать прибор для космического корабля так, чтобы масса прибора была наименьшей; экономисты стараются спланировать связи завода с источниками сырья так, чтобы траспортные расходы оказались минимальными, и т.д. Задачи подобного рода носит обшие название – *задачи на оптимизацию* (от латинского слова optimum - наилучший).

В этой статье в самых простых задачах на оптимизацию мы имеем дело с двумя величинами, одна из которых зависит от другой, причем надо найти такое значение второй величины, при котором первая принимает свое наименьшее или наибольшее (наилучшее в данных условиях) значение. Задачи на оптимизацию решают по обычной схеме из трех этапов математического моделирования: 1) составление математической модели; 2) работа с моделью; 3) ответ на вопрос задачи.

Прежде чем переходить к конкретным примерам решения задач на оптимизацию, дадим некоторые рекомендации методического плана.

Первый этап. Составление математической модели.

1) Проанализировав условия задачи, выделите *оптимизируемую величину*, т.е. величину, о наибольшем или наименьшем значении которой идет рёчь. Обозначьте её буквой y (или S, V, R, t – в зависимости от фабулы).

2) Одну из участвующих в задаче неизвестных величин, через которую сравнительно нетрудно выразить y, примите за *независимую переменную* и обозначьте её буквой x (или какой-либо иной буквой). Установите *реальные границы* изменения x (в соответствии с условиями задачи), т.е. область определения для искомой y.

3) Исходя из условий задачи, выразите y через x. Математическая модель задачи представляет собой функцию $y = f(x)$ с областью определения X, которую нашли на втором шаге.

Второй этап. Работа с составленной моделью.

На этом этапе для функции $y = f(x),\ x \in X$,найдите $y_{\text{наим}}$ или $y_{\text{наиб}}$ в зависимости от того, что требуется в условии задачи. При этом используются следующие теоретические материалы:

а) если функция непрерывна на отрезке, то она достигает на нем своего наибольшего и своего наименьшего знчений;

б) наибольшего и наименьшего значений неперывная функция может достигать как на концах отрезка, так и внутри него;

в) если наибольшее (наименьшее) значение достигается внутри отрезка, то только в критической точке.

Третий этап. Ответ на вопрос задачи.

Здесь следует дать конкретный ответ на вопрос задачи, опираясь на результаты, полученные на этапе работы с моделью.

Пример 1. Прочность балки прямоугольного сечения пропорциональна произведению её ширины на квадрат высоты. Какое сечения должна иметь балка, вытесанная из цилиндрического бревна радиусом *R*, чтобы её прочность была наибольшей?

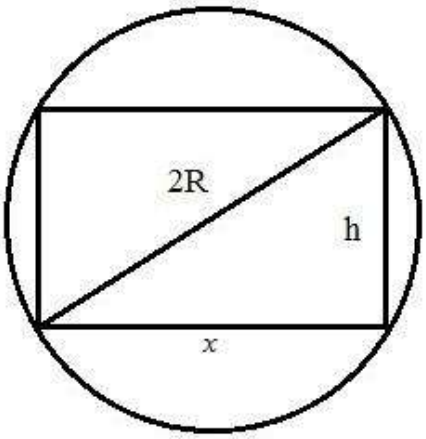


Рис. 1

Решение. Первый этап. Составление математической модели.

1) Оптимизируемая величина *y* – прочность балки, поскольку в задаче требуется выяснить, когда прочность балки будет наибольшей.

2) Прочность зависит от ширины и высоты прямоугольника, служащего осевым сечением балки. Объявим независимой переменной x ширину балки. Поскольку осевые сечение представляет собой прямоугольник, вписанный в окружность радиусом R (рис.1), то $0 < x < 2R$ таковы реальные границы изменения независимой переменной: $X = (0;\ 2R)$.

3) Высота h прямоугольника связана с его шириной соотношением $x^2 + h^2 = 4R^2$ (по теореме Пифагора). Значит, $h^2 = 4R^2 - x^2$.

Прочность балки y пропорциональна произведению xh^2, т.е. $y = kxh^2$ (где коэффициент k-некоторое положительное число).

Значит,

$y = kx(4R^2 - x^2)$, где $x \in (0; 2R)$.

Математическая модель задачи составлена.

Второй этап. Работа с составленной моделью.

На этом этапе для функции $y = kx(4R^2 - x^2)$, $x \in (0; 2R)$ надо найти $y_{\text{наиб}}$.

Имеем:

$y = 4kR^2x - kx^3;$

$y' = 4kR^2 - 3kx^2.$

Найдём критические точки. Приравняв производную нулю, получим:

$4kR^2 - 3kx^2 = 0;$

$x_1 = \frac{2R}{\sqrt{3}}, x_2 = -\frac{2R}{\sqrt{3}}.$

Заданному интервалу $(0;\ 2R)$ принадлежит лишь точкаx_1, причём $x_1 = \frac{2R}{\sqrt{3}}$ – точка максимума функции. Значит, по а), б), в), $y_{\text{наиб}} = f(x_1) = f\left(\frac{2R}{\sqrt{3}}\right) = \frac{16kR^3}{3\sqrt{3}}$ (здесь $f(x) = kx(4R^2 - x^2)$).

Третий этап. Ответ на вопрос задачи.

В задаче спрашивается, какое сечения должна иметь балка наибольшей прочности. Мы выяснили, что ширина x прямоугольника, служащего осевым сечением наиболее прочной балки, равна $\frac{2R}{\sqrt{3}}$. Найдём высоту:

$h^2 = 4R^2 - x^2 = 4R^2 - \frac{4R^2}{3} = \frac{8R^2}{3}.$

Значит, $h = \frac{2R\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$, а потому $\frac{h}{x} = \sqrt{2}.$

Ответ: сечение балки должен служить прямоугольник, у которого отношение высоты к ширине равно $\sqrt{2}$.

Замечание. Квалифицированные мастера приходят к такому же результату, опираясь на свой опыт, но, разумеется, они принимают указанное отношение равным 1,4 (приближённое значение иррационального числа $\sqrt{2}$ как раз равно 1,4).

Пример 2. В степи, на расстоянии 9 км к северу от шоссе, идущего с запада на восток, находится поисковая партия. В 15 км к востоку от ближайшей на шоссе к поисковой партии точки расположен райцентр. Поисковая партия отправляет курьера-велосипедиста в рай центр. Каков должен быть

маршрут следования курьера, чтобы он прибыл в райцентр в кратчайший срок, если известно, что по степи он едет со скоростью 8 км/ч, а по шоссе – со скоростью 10 км/ч?

Решение. Первый этап. Составление математической модели.

Сделаем чертёж. На рисунке 2 точка *P* означает местонахождение поисковой партии, прямая *l*-шоссе, *B*-райцентр,

$PA \perp l$, $PA = 9$ км, $AB = 15$ км, $PMB -$ маршрут следования курьера, причём положение точки *M* между *A* и *B* пока неизвестно.

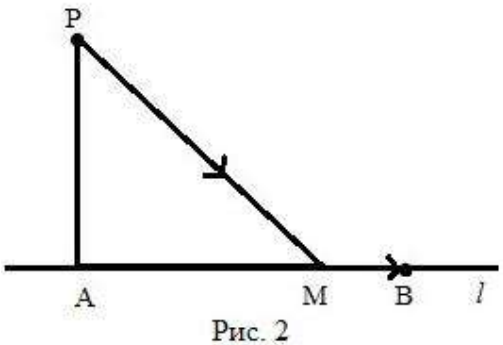


Рис. 2

1) Оптимизируемая величина – время *t*движения курьера из *P* в *B*; надо найти $t_{\text{наим.}}$

2) Пусть $AM = x$. По смыслу задачи точка *M* может занять любое положение между *A* и *B,* не исключая самих точек *A* и *B*. Значит, реальные границы изменения *x* таковы:

$0 \le x \le 15.$

3) Выразим *t* через *x*. Имеем: $PM = \sqrt{PA^2 + AM^2} = \sqrt{81 + x^2}$. Этот путь велосипедист едет со скоростью 8 км/ч, значит, время t_1, затраченное на этот путь, выражается формулой $t_1 = \frac{\sqrt{81+x^2}}{8}$. Далее, $MB = 15 - x$. Этот путь велосипедист едет со скоростью 10 км/ч, значит, время t_2, затраченное на этот путь, выражается формулой

$t_2 = \frac{15-x}{10}$. Найдём суммарное время *t*, затраченное на весь путь:

$$t = \frac{\sqrt{81+x^2}}{8} + \frac{15-x}{10}.$$

Итак, $t = \frac{\sqrt{81+x^2}}{8} + \frac{15-x}{10}, x \in [0; 15]$.

Это математическая модель задачи.

Второй этап. Работа с составленной моделью.

4) Для функции $t = \frac{\sqrt{81+x^2}}{8} + \frac{15-x}{10}$ надо найти наименьшее значение на отрезке $x \in [0; 15]$.

Находим *t'*:

$$t' = \frac{1}{8} \cdot \frac{1}{2\sqrt{81 + x^2}} \cdot 2x + \frac{1}{10}(-1) = \frac{x}{8\sqrt{81 + x^2}} - \frac{1}{10}.$$

Производная t' существует при всех *x*. Найдём точки, в которых $t' = 0$. Имеем:

$$\frac{x}{8\sqrt{81 + x^2}} - \frac{1}{10} = 0; 5x = 4\sqrt{81 + x^2}; 25x^2 = 16(81 + x^2);$$

$$9x^2 = 16 \cdot 81;\ x^2 = 16 \cdot 9; x = 4 \cdot 3 = 12.$$

Значение *x*= 12 принадлежит отрезку [0; 15].

Таблица значений функции, куда включим значения функции на концах отрезка и в найденной критической точке:

x	0	12	15
t	$\frac{105}{40}$	$\frac{87}{40}$	$\frac{5\sqrt{306}}{40}$

Следовательно, $t_{\text{наим}} = \frac{87}{40}$ (поскольку $87 < 5\sqrt{306}$).

Третий этап. Ответ на вопрос задачи.

Так как $t_{\text{наим}}$ достигается при $x = 12$, то велосипедисту надо ехать по такому маршруту *PMB*, чтобы расстояние между точками *A* и *M* по щоссе было равно 12 км.

Пример 3. Бак, имеющий вид прямоугольного параллелепипеда с квадратным основанием, должен вмещать 500 литров жидкости. При какой стороне основания площадь поверхности бака (без крышки) будет наименьшей?

Решение. Первый этап. Составление математической модели.

1) Оптимизируемся величина S – площадь поверхности бака, поскольку в задаче требуется выяснить, когда эта площадь будет наименьшей.

2) Площадь поверхности зависит от измерений прямоугольного параллелепипеда. Объявим независимой переменной x сторону квадрата, служащего основанием бака. Ясно, что $x>0$. Других ограничений нет, значит, $0 < x < +\infty$. Таковы реальные границы изменения независимой переменной:

$$X = (0; +\infty).$$

3) Если h - высота бака, то $V = x^2 h$, откуда находим: $h = \frac{V}{x^2}$.

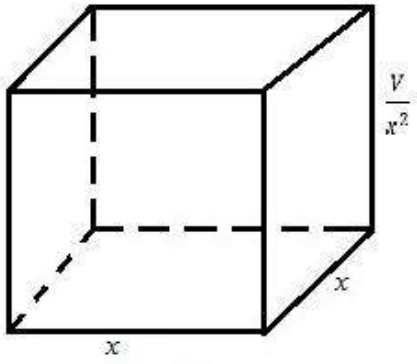


Рис. 3

На рисунке 3 изображён прямоугольный параллелепипед, указаны его измерения. Поверхность бака состоит из квадрата со стороной x и четырёх прямоугольников со сторонами x и $\frac{V}{x^2}$.

Значит, $S = x^2 + 4 \cdot \frac{V}{x^2} \cdot x = x^2 + \frac{4V}{x}$.

Итак, при $V = 500$

$S = x^2 + \frac{2000}{x}, x \in (0; +\infty)$.

Математическая модель задачи составлена

Второй этап. Работа с составленной моделью.

На этом этапе для функции $S = x^2 + \frac{2000}{x}, x \in (0; +\infty)$, надо найти $y_{\text{наим}}$. Для этого нужна производная функции:

$S' = 2x - \frac{2000}{x^2};$

$S' = \frac{2(x^3 - 1000)}{x^2}.$

На промежутке $(0; +\infty)$ критическая точка только одна: $S' = 0$ при $x = 10$.

Заметим, что при $x < 10$выполняется неравенство $S' < 0$, а при $x > 10$ выполняется неравенство $S' > 0$. Значит, x = 10 – единственная критическая точка, причём точка минимума функции на заданном промежутке, а потому согласно а), б), в), в этой точке функция достигает своего наименьшего значения.

Третий этап. Ответ на вопрос задачи.

В задаче спрашивается, какой должна быть сторона основания, чтобы бак имел наименьшую поверхность. Мы выяснили, что сторона квадрата, служащего основанием такого бака, равна 10 дм

Ответ: 10 дм.

Такие задачи дает возможность показать будущему учителю, что они служит достижению вполне конкретных методических целей: введению нового понятия; глубокому усвоению учащимися теоретического материала; выработке необходимых умений и навыков; возбуждению и развитию интереса к математике и ее методам.

Список использованной литературы

1 Сатыбалдиев О.С. Болашақ мұғалімдер даярлайтын жоғары оқу орындарында математикалық анализ курсын оқытудың әдістемелік жүйесі. Дис... пед.ғыл.док. Алматы: 2003. -303б.

2 Мордкович А.Г. Профессинально-педагогическая направленность специальной подготовки учителя математики в педагогическом институте: Дис. ...док.пед.наук. М.: 1986. -355 с.

3 Сатыбалдиев О.С., Мордкович А.Г. Алгебра и началаматематическогоанализа. – М.: Учебник 10кл., ООО «ИОЦ Мнемозин», Москва 2014г. - 298стр.

4 Сатыбалдиев О.С., Мордкович А.Г. Алгебра и началаматематическогоанализа. –М.: Задачник 10кл., ООО «ИОЦ Мнемозин», Москва 2014г. - 202стр.

УДК 519.6
ГРНТИ 27.35.39

М.А. Сигаловский[1]

[1]*PhD - докторант КазНУ им. Аль-Фараби; специальность: Математика*

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ЦЕЛЕВОГО ФУНКЦИОНАЛА В ОДНОЙ ОБРАТНОЙ ЛОКАЦИОННОЙ ЗАДАЧЕ ГРАВИМЕТРИИ

Аннотация

Рассмотрена обратная задача гравиразведки. Практическое решение таких задач связано с минимизацией целевого функционала нормы отклонения соответствующих значений функции состояния системы от результатов измерения. В работе исследуются дифференциальные свойства данного функционала с целью установить применимость стандартных методов минимизации функционалов. На практике возникают задачи определения местоположения, формы, глубины залегания, размеров, плотности и структуры тел по известным аномалиям поля гравитационного потенциала или вторых производных потенциала силы тяжести. Математически они сводятся к решению соответствующих обратных задач. Здесь рассматривается задача восстановления местоположения гравитационной аномалии известной формы и структуры по результатам измерения гравитационного потенциала и его градиента на поверхности земли. Основное уравнение постановки задачи - уравнение Пуассона.

Ключевые слова: обратные задачи, гравиметрия, дифференциальные свойства функционала, производная Гато, производная по направлению.

Аңдатпа

М.А. Сигаловский[1]

ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН МАҚСАТТЫ ФУНКЦИОНАЛДЫҢ КЕРІ ГРАВИМЕТРИДІҢ БІР ЖЕРГІЛІКТІ МӘСЕЛЕСІНДЕ.

[1] ал-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің PhD докторанты, Алматы қ., Қазақстан

Қарсы гравитациялық зерттеу мәселесі қарастырылады. Осындай проблемаларды практикалық шешу жүйелік функциялардың тиісті мәндерін өлшеу нәтижелерінен ауытқу нормасының мақсатты функционалын азайтуға байланысты. Осы мақалада функционалды функцияның дифференциалдық қасиеттерін зерттей отырып, функционалдығын барынша азайтудың стандартты әдістерінің қолданылуын анықтауға болады. Іс жүзінде гравитациялық потенциалды өрістің белгілі бір ауытқуларынан немесе ауырлық әлеуетінің екінші туындыларынан орналасудың, пішінінің, тереңдігінің, мөлшерінің, тығыздығының және құрылымдарының анықталуында проблемалар туындайды. Математикалық тұрғыдан, олар кері кері проблемаларды шешу үшін азаяды. Мұнда гравитациялық потенциалды және оның жер қыртысының градиентін өлшеу нәтижесінен белгілі формасы мен құрылымының гравитациялық аномалиясының орнын қалпына келтіру мәселесін қарастырамыз. Мәселені тұжырымдаудың негізгі теңдеуі - Пуассон теңдеуі.

Түйін сөздер: кері есептер, гравиметрия, функционалдың дифференциалдық қасиеттері, Гато туынды, бағыт бойынша туынды

Abstract

DIFFERENTIAL PROPERTIES OF THE TARGET FUNCTIONAL IN ONE REVERSE LOCATION PROBLEM OF GRAVIMETRY.

Sigalovsky M.A.[1]

[1] doctoral student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty. Kazakhstan

The inverse gravity exploration problem is considered. The practical solution of such problems is connected with minimization of the target functional of the norm of deviation of the corresponding values of the system state function from the measurement results. In this paper, we investigate the differential properties of a given functional in order to establish the applicability of standard methods for minimizing functionals. In practice, problems arise in determining the location, shape, depth, size, density and structure of bodies from known anomalies of the gravitational potential field or the second derivatives of the gravity potential. Mathematically, they are reduced to solving corresponding inverse problems. Here we consider the problem of restoring the location of a gravitational anomaly of a known shape and structure from the results of measuring the gravitational potential and its gradient on the earth's surface. The basic equation for the formulation of the problem is the Poisson equation.

Key words: inverse problems, gravimetry, differential properties of the functional, the Gâteaux derivative, the directional derivative

1. Введение. На практике, в частности, при разведке и эксплуатации месторождений полезных ископаемых, возникают задачи определения местоположения, формы, глубины залегания, размеров, плотности и структуры тел по известным аномалиям поля гравитационного потенциала или вторых производных потенциала силы тяжести. С математической точки зрения они сводятся к решению соответствующих обратных задач. В настоящей работе рассматривается задача восстановления места расположения гравитационной аномалии известной формы и структуры по результатам измерения гравитационного потенциала и его градиента на поверхности земли.

2. Постановка задачи. Распределение потенциала гравитационного поля описывается уравнением Пуассона $\Delta\varphi = -4\pi G\rho$. Ограничимся рассмотрением вертикального среза, т.е. двумерным случаем. Будем считать, что вне аномалии структура Земли однородна, т.е. имеет постоянную плотность, которая известна. Аномалия также имеет постоянную известную плотность, а также известную форму, которая для простоты предполагается прямоугольной. Однако место ее расположения неизвестно. Таким образом, требуется восстановить координаты центра расположения аномалии. В то же время на поверхности земли, т.е. для значения горизонтальной координаты, нам известны не только распределения потенциала по горизонтальной координате, но и его градиента (производной по вертикальной координате). При этом возникает проблема постановки краевых условий на боковых и нижней границах рассматриваемой области, где информация о системе отсутствует. Эта трудность преодолевается следующим образом: а) область поиска предполагается произвольно расширяемой; б) по мере продвижения к трем заглубленным границам прямоугольной области поиска разность текущего и «нормального» значения гравитационного потенциала стремится к нулю, а на границе равна нулю. Будем называть такую задачу локационной. Обозначим:

$\rho = \rho(x;y), \varphi = \varphi(x;y)$ – замеряемые текущие значения плотности и гравипотенциала соответственно; ρ_0 - «нормальная» плотность вмещающей породы; φ_0 - «нормальный» (невозмущенный) потенциал гравиполя; $\Delta\eta = \Delta(\varphi - \varphi_0)$, $\psi = \rho - \rho_0$ – функции разностей замеряемого в точке и нормального значений потенциала и плотности, соответственно; Ω – прямоугольная область залегания ископаемого (целевая область); W - область поиска с расширяемой границей $\partial\mathrm{W} = \Gamma + l$ (также прямоугольник, $\Omega \subset \mathrm{W}$), где Г – заглубленная трехзвенная часть границы прямоугольника W, l - длина верхней границы вдоль оси OX, Разность потенциалов вдоль части границы Г стремится к 0, вдоль верхней границы задана функцией $\eta\Big|_{\mathrm{y}=0} = \mathrm{C(x)}$; Условие на вертикальный градиент потенциала: $\frac{\partial\eta}{\partial y}\Big|_{y=0} = K(x)$;

Тогда постановка обратной задачи запишется так:

Найти координаты центра $(a;b)$ прямоугольной целевой области так, чтобы функция $\eta(\mathrm{x},\mathrm{y})$ удовлетворяла условию

$$\frac{\partial\eta}{\partial y}\Big|_{y=0} = K(x) \qquad (1)$$

где данная функция замеров $K(x)$ вводится по результатам замеров первой производной гравипотенциала, а сама функция $\eta(x,y)$ является решением прямой задачи:

$$\begin{cases} \frac{\partial^2\eta}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\eta}{\partial y^2}=-4\pi G\psi \\ \eta\Big|_{y=0}=C(x) \\ \eta\Big|_{\Gamma}=0, \\ \psi=\rho-\rho_0=\begin{cases}0, & (x;y)\notin\Omega\\ \psi_*, & (x;y)\in\Omega\end{cases} \\ \Omega:\begin{cases} x=a \\ y=b \\ x=a\pm m \\ y=b\pm n \end{cases} \\ m,n=const \end{cases} \qquad (2)$$

где $(x;y)\in W$

Для практического решения такую задачу обычно сводят к следующей оптимизационной задаче:

Найти минимум целевого функционала

$$\mathcal{J}(a;b)=\int_0^{\mathrm{L}}\left(\frac{\partial\eta}{\partial y}\Big|_{y=0}-\mathrm{K(x)}\right)^2\mathrm{dx}\to min$$

где функция $\eta=\eta(x,y)$ является решением прямой задачи, и требуется минимизировать среднеквадратичную невязку производной функции потенциала и функции замеров $K(x)$.

В свою очередь, для численного решения таких задач чаще всего применяются градиентные методы, формулировка которых использует значение производной соответствующего функционала. Цель данной работы состоит в исследовании дифференциальных свойств данного функционала.

3. Дифференциальные свойства минимизируемого функционала

В градиентных методах часто используется *производная Гато* в силу своей конструктивности. Приведем определение производной по направлению и ее частного случая - производной Гато.

Определение: Если $\mathcal{J}:\mathcal{X}\to\mathcal{R}$ - функционал, и существует предел

$$\lim_{\sigma\to0}\frac{\mathcal{J}(x+\sigma h)-\mathcal{J}(x)}{\sigma}=\langle\mathcal{J}'(x);h\rangle$$

то выражение $\mathcal{J}'(x)$ называется *производной по направлению* h функционала $\mathcal{J}$ в точке x, где $\sigma>0$ – число, $h-$ объект той же природы, что и x.

Определение: При тех же условиях *производной Гато* функционала $\mathcal{J}$ в точке x называется выражение $\mathcal{J}'(x)$, если указанный предел, кроме того, линеен по направлению h.

В результате вычисления производной функционала была доказана следующая

ТЕОРЕМА:

1. Целевой функционал $\mathcal{J}(a;b)=\int_0^L\left(\frac{\partial\eta}{\partial y}\Big|_{y=0}-K(x)\right)^2dx$, *где функция* $\eta(x,y)$ *есть решение прямой задачи* (2)*, а функция замеров* $K(x)$ *входит в условие соответствующей обратной задачи* (1)*, дифференцируем по любому направлению* h: h_1,h_2, *и формула его производной по направлению* h *имеет вид:*

$$\mathcal{J}'(a;b)=-4\pi G\psi_*\cdot(|h_2|\cdot I_1+|h_1|\cdot I_2)$$

где

$$I_1=\int_{a-m}^{a+m}[p(x;b+n)-p(x;b-n)]dx$$

$$I_2=\int_{b-n}^{b+n}[p(a+m;y)-p(a-m;y)]dy \qquad (3)$$

2. Данная производная по направлению не является производной Гато, т.к. она нелинейна по направлению h – присутствует нелинейность h типа «модуль». /4/

Доказательство: 1) Попытаемся вычислить производную Гато. Найдём покоординатное приращение функционала: $\mathcal{J}(u+\sigma h);\ u\sim(a;b);\ u+\sigma h=(a+\sigma h_1; b+\sigma h_2)$. Обозначим через α решение прямой задачи в случае $u=(a;b)$, и через β - в случае

$u+\sigma h=(a+\sigma h_1; b+\sigma h_2)$. Тогда разность варьированного и неварьированного функционалов запишется как:

$$\mathcal{J}(u+\sigma h)-\mathcal{J}(u)=\int_0^l\left(\left(\frac{\partial\beta}{\partial y}\Big|_{y=0}-K(x)\right)^2-\left(\frac{\partial\alpha}{\partial y}\Big|_{y=0}-K(x)\right)^2\right)dx=$$

$$=\int_0^l\left(\frac{\partial\beta}{\partial y}\Big|_{y=0}-K-\frac{\partial\alpha}{\partial y}\Big|_{y=0}+K\right)\left(\frac{\partial\beta}{\partial y}\Big|_{y=0}-K+\frac{\partial\alpha}{\partial y}\Big|_{y=0}-K\right)dx=$$

$$\int_0^l\left(\frac{\partial(\beta-\alpha)}{\partial y}\Big|_{y=0}\right)\left(\frac{\partial(\beta+\alpha)}{\partial y}\Big|_{y=0}-2K\right)dx=\left|\begin{matrix}\beta-\alpha=\kappa\\ \beta=\alpha+\kappa\end{matrix}\right|=$$

$$\int_0^l\left(\frac{\partial\kappa}{\partial y}\Big|_{y=0}\right)\left(\frac{\partial(\kappa+2\alpha)}{\partial y}\Big|_{y=0}-2K\right)dx=\int_0^l\left(\frac{\partial\kappa}{\partial y}\Big|_{y=0}\right)^2dx+\int_0^l 2\left(\frac{\partial\alpha}{\partial y}\Big|_{y=0}-K\right)\frac{\partial\kappa}{\partial y}\Big|_{y=0}dx.$$

(4)

Задача $[\alpha]$

$$\begin{cases}\Delta\alpha=-4\pi G\psi_{(a;b)};\ \psi_{(a;b)}\overset{df}{=}\psi_\alpha,\\ \alpha\Big|_{y=0}=C(x)\ ,\\ \alpha\Big|_{\Gamma}=0\ ,\\ \psi_\alpha=\begin{cases}\psi_*, & \text{если } x\in[a-m;a+m],\\ & y\in[b-n;b+n]\\ 0, & \text{в другом случае.}\end{cases}\\ m,n=const.\end{cases}$$

$$\Omega_\alpha\overset{df}{=}\begin{cases}x\in[a-m;a+m]\\ y\in[b-n;b+n]\end{cases}$$

Задача $[\beta]$

$$\begin{cases}\Delta\beta=-4\pi G\psi_{(a+\sigma h_1;b+\sigma h_2)};\ \psi_{(a+\sigma h_1;b+\sigma h_2)}\overset{df}{=}\psi_\beta,\\ \beta\Big|_{y=0}=C(x)\ ,\\ \beta\Big|_{\Gamma}=0\ ,\\ \psi_\beta=\begin{cases}\psi_*, & \text{если } x\in[a+\sigma h_1-m;a+\sigma h_1+m],\\ & y\in[b+\sigma h_2-n;b+\sigma h_2+n]\\ 0, & \text{в другом случае.}\end{cases}\\ m,n=const.\end{cases}$$

$$\Omega_\beta\overset{df}{=}\begin{cases}x\in[a+\sigma h_1-m;a+\sigma h_1+m]\\ y\in[b+\sigma h_2-n;b+\sigma h_2+n]\end{cases}$$

Почленно вычтем из задачи $[\beta]$ задачу $[\alpha]$:

$$\psi_\beta-\psi_\alpha\overset{df}{=}\psi_\kappa \qquad (9)$$

$$\Gamma+\{y=0\}=W$$

$$(5)\quad\begin{cases}\Delta\kappa=-4\pi G\psi_\kappa\ ,\\ \kappa\Big|_{W}=0\ ,\\ \psi_\alpha=\begin{cases}0, & \text{если } (x;y)\notin\{\Omega_\beta\Delta\Omega_\alpha\},\\ \psi_*, & \text{если если } (x;y)\in\{\Omega_\beta\backslash\Omega_\alpha\}\\ -\psi_*, & \text{если если } (x;y)\in\{\Omega_\alpha\backslash\Omega_\beta\}\end{cases}\end{cases}$$

Домножим первое уравнение системы (5) на произвольную функцию λ и проинтегрируем по всей области W:

$$\iint\limits_W \Delta\kappa \cdot \lambda \, dx \, dy = -4\pi G \iint\limits_W \psi\kappa\lambda \, dx \, dy =$$

$$= -4\pi G\psi \iint\limits_{\Omega_\beta \setminus \Omega_\alpha} \lambda dxdy + 4\pi G\psi_* \iint\limits_{\Omega_\alpha \setminus \Omega_\beta} \lambda dxdy$$

$$\iint\limits_W \Delta\kappa \cdot \lambda \, dx \, dy = \iint\limits_W \left(\frac{\partial^2\kappa}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\kappa}{\partial x^2}\right)\lambda \, dx \, dy = \underbrace{\int\limits_0^l \int\limits_0^T \frac{\partial^2\kappa}{\partial y^2}\lambda \, dx \, dy}_{i_1} + \underbrace{\int\limits_0^l \int\limits_0^T \frac{\partial^2\kappa}{\partial x^2}\lambda \, dx \, dy}_{i_2}$$

Последовательно применим для каждого из интегралов i_1, i_2 формулу интегрирования по частям:

$$\int\limits_a^b \frac{d\mu}{d\xi}\zeta \, d\xi = \mu\zeta \Big|_a^b - \int\limits_a^b \mu\frac{d\zeta}{d\xi}dx$$

Тогда

$$\boxed{i_1} \int\limits_0^l dx \int\limits_0^T \frac{\partial^2\kappa}{\partial y^2}\lambda dy; \quad \int\limits_0^T \frac{\partial^2\kappa}{\partial y^2}\lambda dy = \frac{\partial\kappa}{\partial y}\lambda\Big|_0^T - \int\limits_0^T \frac{\partial\kappa}{\partial y}\frac{\partial\lambda}{\partial y}dy =$$

$$= \frac{\partial\kappa}{\partial y}\lambda\Big|_0^T - \left(\underbrace{\kappa\frac{\partial\lambda}{\partial y}\Big|_0^T}_{\equiv 0} - \int\limits_0^T \kappa\frac{\partial^2\lambda}{\partial y^2}dy\right) =$$

в силу граничных условий

$$= \frac{\partial\kappa}{\partial y}\lambda\Big|_0^T + \int\limits_0^T \kappa\frac{\partial^2\lambda}{\partial y^2}dy \ ;$$

Тогда, т.к. $i_1 = \int_0^l dx \int_0^T \frac{\partial^2\kappa}{\partial y^2}\lambda dy$, интегрируем повторно по x:

$$\boxed{i_1} = \int\limits_0^l \frac{\partial\kappa}{\partial y}\lambda\Big|_0^T dx + \int\limits_0^l \int\limits_0^T \kappa\frac{\partial^2\lambda}{\partial y^2}dy \, dx$$

Т.к. интеграл инвариантен относительно переменных интегрирования, то отсюда сразу получаем формулу для i_2

$$\boxed{i_2} = \int\limits_0^T \frac{\partial\kappa}{\partial x}\lambda\Big|_0^l dy + \int\limits_0^l \int\limits_0^T \kappa\frac{\partial^2\lambda}{\partial x^2}dy \, dx$$

Складывая $\boxed{i_1}$ с $\boxed{i_2}$ и выполняя группировку, получаем для $\forall\, \lambda$:

$$\int\limits_0^l \frac{\partial\kappa}{\partial y}\lambda\Big|_0^T dx + \int\limits_0^T \frac{\partial\kappa}{\partial x}\lambda\Big|_0^l dy + \int\limits_0^l \int\limits_0^T \kappa\Delta\lambda \, dx \, dy = -4\pi G\psi_* \underbrace{\left(\iint\limits_{\Omega_\beta \setminus \Omega_\alpha} \lambda dxdy - \iint\limits_{\Omega_\alpha \setminus \Omega_\beta} \lambda dxdy\right)}$$

Зависимость κ от σ находится здесь (в границах областей интегрирования)

Пользуясь произвольностью λ, подберем его так, чтобы оно удовлетворяло нижеприведенным условиям. Такое конкретное значение λ назовём p:

$$\left.\begin{array}{l} \lambda\Big|_{y=0} = 2\left(\dfrac{\partial\alpha}{\partial y}\Big|_{y=0} - K\right) \\ \lambda\Big|_{y=T} = 0 \\ \lambda\Big|_{x=0,l} = 0 \\ \Delta\lambda = 0 \text{ во всей области } W \end{array}\right\} \lambda \overset{df}{\sim} p$$

Тогда соотношение (4)

$$\mathcal{J}(u+\sigma h) - \mathcal{J}(u) = \int_0^l \left(\frac{\partial\kappa}{\partial y}\Big|_{y=0}\right)^2 dx + \int_0^l 2\left(\frac{\partial\alpha}{\partial y}\Big|_{y=0} - K\right)\Big|_{y=0} dx$$

перепишется в виде

$$\mathcal{J}(u+\sigma h) - \mathcal{J}(u) = \int_0^l \left(\frac{\partial\kappa}{\partial y}\Big|_{y=0}\right)^2 dx - 4\pi G\psi_* \left(\iint\limits_{\Omega_\beta \setminus \Omega_\alpha} p dxdy - \iint\limits_{\Omega_\alpha \setminus \Omega_\beta} p dxdy \right)$$

Разделив это равенство на σ и переходя к пределу при $\sigma \to 0$, получим

$$\lim_{\sigma\to 0} \frac{\mathcal{J}(u+\sigma h) - \mathcal{J}(u)}{\sigma} = (\mathcal{J}'(u); h) = \mathcal{J}'_a(u)\cdot h_1 + \mathcal{J}'_b(u)\cdot h_2 =$$

$$= 0 - 4\pi G\psi_* \lim_{\sigma\to 0} \frac{1}{\sigma} \left(\iint\limits_{\Omega_\beta \setminus \Omega_\alpha} p dxdy - \iint\limits_{\Omega_\alpha \setminus \Omega_\beta} p dxdy \right)$$

Итак,

$$\lim_{\sigma\to 0} \frac{\mathcal{J}(u+\sigma h) - \mathcal{J}(u)}{\sigma} = -4\pi G\psi_* \lim_{\sigma\to 0} \frac{1}{\sigma} \left(\iint\limits_{\Omega_\beta \setminus \Omega_\alpha} p dxdy - \iint\limits_{\Omega_\alpha \setminus \Omega_\beta} p dxdy \right)$$

или

$$\lim_{\sigma\to 0} \frac{\mathcal{J}(u+\sigma h) - \mathcal{J}(u)}{\sigma} = -4\pi G\psi_* \lim_{\sigma\to 0} \frac{1}{\sigma} (\Delta_\Omega) \quad (6)$$

где $\Delta_\Omega = \iint_{\Omega_\beta \setminus \Omega_\alpha} p dxdy - \iint_{\Omega_\alpha \setminus \Omega_\beta} p dxdy$

Значит, для того, чтобы выяснить, существует ли этот предел (т.е. производная Гато), и его свойства, необходимо детально рассмотреть вид областей интегрирования в зависимости от знаков направлений h_1 и h_2.

2) Далее в формуле (6) рассмотрим 4 возможных случая областей интегрирования при

1) $h_1 > 0, h_2 > 0$; 2) $h_1 < 0, h_2 > 0$; 3) $h_1 < 0, h_2 < 0$; 4) $h_1 > 0, h_2 < 0$. Для краткости обозначим их: 1) $(+,+)$; 2) $(-,+)$; 3) $(-,-)$; 4) $(+,-)$. Каждый случай соответствует «диагональному» вариационному сдвигу области Ω в направлениях: вправо-вниз, влево-вниз, влево-вверх, вправо-вверх (напомним, что ось oY направлена вглубь Земли, т.е. вниз). Проиллюстрируем это рисунком 1:

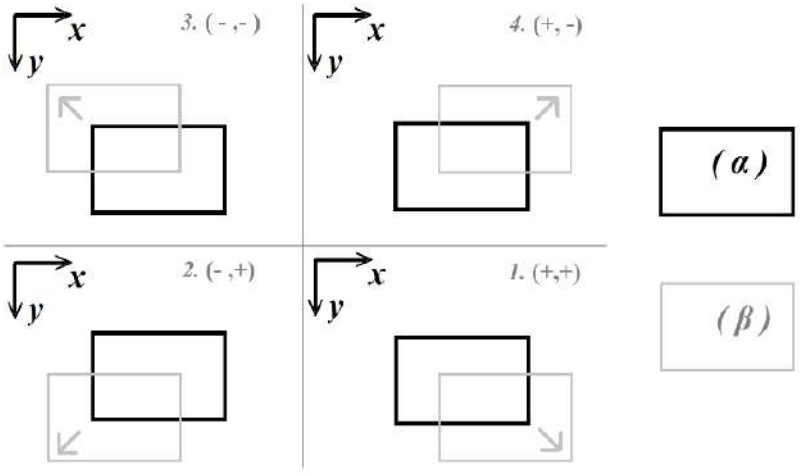


Рисунок 1

Рассмотрим подробно, например, случай 2. Сделаем подробный рисунок (*Рис.2*):

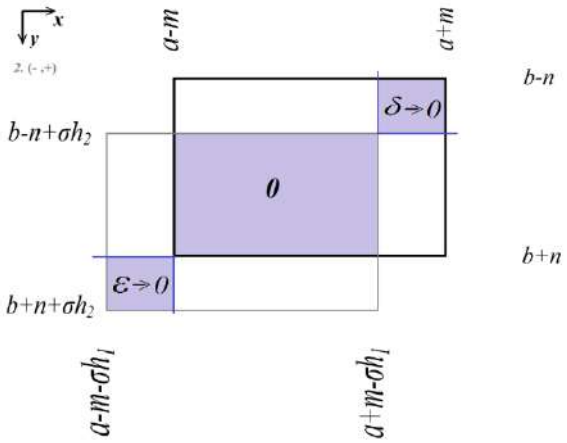


Рисунок 2

Обозначим $\int_{\beta\alpha} p(\tau)d\tau = \iint_{\Omega_\beta \setminus \Omega_\alpha} p(x,y)dydx,\ \int_{\alpha\beta} p(\tau)d\tau = \iint_{\Omega_\alpha \setminus \Omega_\beta} p(x,y)dydx.$

В правой части равенства (6) отвлечемся от множителя $-4\pi G\psi_*$, и рассмотрим только выражение в скобках. Выполним преобразования. Тогда в правой части (6) будет:

$$\Delta_\Omega = \int_{\beta\alpha} p(\tau)d\tau - \int_{\alpha\beta} p(\tau)d\tau = \int_{a-m-\sigma h_1}^{a-m}\int_{b-n+\sigma h_2}^{b+n} p(x;y)dydx + \varepsilon + \int_{a-m}^{a+m-\sigma h_1}\int_{b+n}^{b+n+\sigma h_2} p(x;y)dydx$$

$$-\int_{a-m}^{a+m-\sigma h_1}\int_{b-n}^{b-n+\sigma h_2} p(x;y)dydx - \delta - \int_{a+m-\sigma h_1}^{a+m}\int_{b-n+\sigma h_2}^{b+n} p(x;y)dydx \qquad (7)$$

где

$$\varepsilon = \int_{a-m-\sigma h_1}^{a-m}\int_{b+n}^{b+n+\sigma h_2} p(x;y)dydx = p(a-m;b+n)\sigma^2 h_1 h_2 \to 0$$

$$\delta = \int_{a+m-\sigma h_1}^{a+m}\int_{b-n}^{b-n+\sigma h_2} p(x;y)dydx = p(a+m;b-n)\sigma^2 h_1 h_2 \to 0$$

при $\sigma \to 0$. При этом $\frac{\varepsilon}{\sigma}$ и $\frac{\delta}{\sigma}$ также будут $\to 0$.

Применяя в (7) теорему о среднем на малых областях интегрирования, запишем

$$\int_{b-n+\sigma h_2}^{b+n} p(\mu; y)\sigma h_1 dy + \varepsilon + \int_{a-m}^{a+m-\sigma h_1} p(x; \nu)\sigma h_2 dx$$

$$- \int_{a-m}^{a+m-\sigma h_1} p(x; \vartheta)\sigma h_2 dx - \delta - \int_{b-n+\sigma h_2}^{b+n} p(\chi; y)\sigma h_1 dy \tag{8}$$

где $\mu \to (a-m), \quad \nu \to (b+n), \quad \vartheta \to (b-n), \ \chi \to (a+m).$

Тогда в пределе с учётом множителя $\frac{1}{\sigma}$ и обнулением слагаемых $\frac{\varepsilon}{\sigma}$ и $\frac{\delta}{\sigma}$, имеем:

$$\lim_{\sigma\to 0} \frac{1}{\sigma} (\Delta_\Omega) = \int_{b-n}^{b+n} p(a-m; y)h_1 dy + 0 + \int_{a-m}^{a+m} p(x; b+n)h_2 dx$$

$$- \int_{a-m}^{a+m} p(x; b-n)h_2 dx - 0 - \int_{b-n}^{b+n} p(a+m; y)h_1 dy =$$

$$= + h_2 \cdot \int_{\boldsymbol{a-m}}^{\boldsymbol{a+m}} [p(x; b+n) - p(x; b-n)]dx - h_1 \cdot \int_{\boldsymbol{b-n}}^{\boldsymbol{b+n}} [p(a+m; y) - p(a-m; y)]dy$$

т.е.

$$\lim_{\sigma\to 0} \frac{1}{\sigma} \left(\int_{\beta\alpha} p(\tau)d\tau - \int_{\alpha\beta} p(\tau)d\tau \right) =$$

$$= + h_2 \cdot \int_{\boldsymbol{a-m}}^{\boldsymbol{a+m}} [p(x; b+n) - p(x; b-n)]dx - h_1 \cdot \int_{\boldsymbol{b-n}}^{\boldsymbol{b+n}} [p(a+m; y) - p(a-m; y)]dy \tag{9}$$

Аналогично рассматриваются все остальные случаи. Обозначив

$$I_1 = \int_{a-m}^{a+m} [p(x; b+n) - p(x; b-n)]dx$$

$$I_2 = \int_{b-n}^{b+n} [p(a+m; y) - p(a-m; y)]dy$$

сведём результаты по случаям в общую таблицу:

Случай №	**Знаки** $\boldsymbol{h_1, h_2}$	**Формула:** $\lim_{\sigma\to 0} \frac{1}{\sigma} (\Delta_\Omega) =$
1.	$(+,+)$	$+ h_2 \cdot I_1 + h_1 \cdot I_2$
2.	$(-,+)$	$+ h_2 \cdot I_1 - h_1 \cdot I_2$
3.	$(-,-)$	$- h_2 \cdot I_1 - h_1 \cdot I_2$
4.	$(+,-)$	$- h_2 \cdot I_1 + h_1 \cdot I_2$

Объединяя рассмотренные случаи в общую формулу, получаем выражение

$$\lim_{\sigma\to 0}\frac{1}{\sigma}\left(\int_{\beta\alpha}^{a+m} p(\tau)d\tau - \int_{\alpha\beta} p(\tau)d\tau\right) = |h_2|\cdot\int_{a-m}^{a+m}[p(x;b+n)-p(x;b-n)]dx +$$

$$+|h_1|\cdot\int_{a-m}^{a+m}[p(a+m\,;y\,)-p(a-m;\,y)]dy$$

представляющее собой формулу (7) из утверждения теоремы, ч.т.д.

ВЫВОД: *Доказанная теорема показывает, что градиентный метод неприменим к данной задаче*, т.к. он требует наличия производной Гато, а полученная функциональная производная (7) является только лишь производной по направлению, не являясь производной Гато.

Заключение: Так как целевой функционал недифференцируем по Гато, то классические градиентные методы в данной задаче неприменимы. Однако сохраняется возможность применить различные методы негладкой оптимизации, например, субградиентный метод, а также генетические алгоритмы, которые вообще не требуют дифференциальных свойств функционала. Далее планируется исследовать возможность применения этих методов к поставленной задаче и выполнить сравнительный анализ полученных результатов.

Список использованной литературы

1 Хмелевской В.К., Костицын В.И. Основы геофизических методов. Перм. ун-т. – Пермь, 2010.

2 Закатов П.С. Курс высшей геодезии. М. «НЕДРА», 1976, с. 268.

3 Кабанихин С.И. Обратные и некорректные задачи. Новосибирск, 2009, с. 41.

4 Sigalovsky M. Optimization methods for incorrect problems with conditions on the boundary part in the simple 2D case (report) // Inverse Problems in Finance, Economics and Life Sciences, Almaty/Novosibirsk conf.; Almaty, December 26-28, 2017.

УДК 519.6
ГРНТИ 27.41.19

М.А. Султанов [1]
[1]*к.ф.-м.н., и.о. профессора Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Ясави, г. Туркестан, Казахстан*

ПРИБЛИЖЕННОЕ ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ПРЯМОЙ ЗАДАЧИ РАССЕЯНИЯ

Аннотация

В работе рассмотрено численное решение прямой задачи рассеяние. Прямая задача рассеяния состоит в определении поля заданных источников при заданных геометрических и физических характеристиках рассеивателей. Применяя методы теории потенциала простого слоя решение уравнения Гельмгольца представляется в виде функции Ханкеля нулевого и первого порядков. Для численного решения прямой задачи рассеяния в пространстве Соболева вводится параметризированный оператор потенциала простого слоя и параметризированный оператор нормальной производной, которое обусловлено заданием граничной кривой в параметризованном виде. Показано, что решение прямой задачи, искомый в виде потенциала простого слоя, удовлетворяет систему интегральных уравнений, которые описываются с введенными операторами. Численное решение рассмотрено для случая рассеяние плоской волны на диэлектрическом цилиндре с невыпуклым поперечным сечением, граница которой $\partial\Omega$ задано параметрическим представлением.

Ключевые слова: рассеяние, уравнение Гельмгольца, прямая задача, интегральное уравнение, потенциал простого слоя, функция Ханкеля, численное решение

Аңдатпа

М.А.Султанов [1]

ШАШЫРАУ ТУРА ЕСЕБІН ЖУЫҚ САНДЫҚ ШЕШУ

[1] *Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университетінің профессор м.а., ф.-м.ғ.к., Түркістан қ., Қазақстан*

Жұмыста шашырау тура есебін сандық шешу қарастырылған. Шашырау тура есебі шашыратқыштардың берілген геометриялық және физикалық сипаттамаларында берілген көздердің өрістерін табудан тұрады. Жай қабат потенциалы теориясының әдістерін пайдалана отырып Гельмгольц теңдеуінің шешімі нөль және бірінші ретті Ханкель функциясы түрінде бейнеленеді. Шашыраудың тура есебін сандық шешу үшін Соболев кеңістігінде жай қабат потенциалының параметрленген операторы және нормаль туындының параметрленген операторы енгізіледі, бұл шекаралық қисықтың параметрленген түрде берілуімен байланысты. Жай қабат потенциалы түрінде ізделінетін тура есептің шешімі енгізілген операторлармен сипатталатын интегралдық теңдеулер жүйесін қанағаттандыратындығы көрсетілген. Сандық шешу көлденең қимасы дөңес емес диэлектрик цилиндрде жазық толқынның шашырауы жағдайы үшін қарастырылған, оның шекарасы $\partial\Omega$ параметрлік түрде берілген.

Түйінді сөздер: шашырау, Гельмгольц теңдеуі, тура есеп, интегралдық теңдеу, жай қабат потенциалы, Ханкель функциясы, сандық шешу

Abstract

M.A. Sultanov[1]

APPROXIMATE NUMERICAL SOLUTION OF THE DIRECT SCATTERING PROBLEM

[1] *Cand. Sci.(Phys-Math), professor of the International Kazakh-Turkish University named after Khoja Ahmed Yasawi, Turkestan, Kazakhstan*

The numerical solution of the direct scattering problem is considered. The direct problem of scattering consists in determining the field of given sources for given geometric and physical characteristics of scatterers. Applying the methods of the theory of the potential of a simple layer, the solution of the Helmholtz equation is represented as a Hankel function of zero and first orders. For the numerical solution of the direct scattering problem in the Sobolev space, a parametrized potential operator of a simple layer and a parametrized normal derivative operator are introduced, which is due to the specification of the boundary curve in a parametrized form. It is shown that the solution of the direct problem, sought in the form of the simple layer potential, satisfies the system of integral equations that are described with the operators introduced. The numerical solution is considered for the case of scattering of a plane wave by a dielectric cylinder with a nonconvex cross section whose boundary is given by a parametric representation.

Key words: scattering, Helmholtz equation, direct problem, integral equation, simple layer potential, Hankel function, numerical solution

Введение

Методы теории потенциалов и граничных интегральных уравнений, как хорошо известно [1, 2, 3, 4], занимает особое место в исследовании граничных задач, связанных с рассеянием акустических или электромагнитных волн ограниченными телами. Это позволяют сводить краевые задачи для дифференциальных уравнений в частных производных в многомерных областях (как правило, в неограниченных областях) к интегральным уравнениям на многообразиях меньшей размерности (на границе расеивателя). Эти методы находят широкое применение при построении многих математических моделей различных физических процессов, при доказательстве теорем единственности и устойчивости краевых задач, а также служат теоретической основой разработки численных алгоритмов таких задач [5-9]. В прямой задаче рассеяния требуется определения поля заданных источников при заданных геометрических и физических характеристиках рассеивателей. В случае решения прямых задач рассеяния разработаны и развиты методы на основе применения метода граничных интегральных уравнений. Вместе с тем, с точки практических приложений и их реализации остается актуальным разработка приближенных численных алгоритмов решения прямых задач рассеяния.

В работе рассмотрено численное решение прямой задачи рассеяние для случая рассеяние плоской волны на диэлектрическом цилиндре с невыпуклым поперечным сечением, граница которой предполагается заданным параметрическим представлением. Мы рассмотрим диэлектрические рассеиватели и ограничимся случаем цилиндра бесконечной длины. Предположим, что односвязанная область $\Omega \subset Ў^2$ с границей $\partial\Omega$ класса C^2 представляет собой поперечное сечение

диэлектрика, имеющий постоянное волновое число k_q с $\mathrm{Re}\,k_q > 0$ и $\mathrm{Im}\,k_q \geq 0$ и включен в однородное тело с положительным волновым числом k_0. Обозначим через ν единичный внешний нормаль к $\partial\Omega$. Тогда, при падающей плоской волне $u^i(x) = e^{ik_0 x\cdot d}$ с направлением единичного вектора d, прямая задача рассеяния для электромагнитных волн моделируется следующей задачей: для уравнения Гельмгольца найти решения $u \in H^1_{loc}\left(\mathbb{R}^2 \setminus \bar{\Omega}\right)$ и $v \in H^1(\Omega)$

$$\Delta u + k_0^2 u = 0 \text{ в } \mathbb{R}^2 \setminus \bar{\Omega}, \quad \Delta v + k_q^2 v = 0 \text{ в } \Omega \tag{1}$$

удовлетврояющие условиям

$$u = v, \quad \frac{\partial u}{\partial \nu} = \frac{\partial v}{\partial \nu} \quad \text{на } \partial\Omega, \tag{2}$$

$$\lim_{r\to\infty} r^{1/2}\left(\frac{\partial u^s}{\partial r} - ik_0 u^s\right) = 0, \; r = |x|, \tag{3}$$

где $u = u^i + u^s$, u^s – рассеянная волна, (3) – условие излучения Зоммерфельда. Условие (3) эквивалентно следующему асимптотическому поведению рассеянной волны

$$u^s(x) = \frac{e^{ik_0|x|}}{\sqrt{|x|}}\left\{u_\infty\left(\frac{x}{|x|}\right) + O\left(\frac{1}{|x|}\right)\right\},$$

равномерный по всем направлениям (здесь u_∞ – рассеянное поле на дальнем расстоянии, определяемый на единичной окружности S^1 в $\mathbb{R}^2$). Приведенные выше функции u и v представляют собой электрическое поле, которое параллельно оси цилиндра, а (1) соответствует гармонически по времени уравнению Максвелла, условия (2) означает непрерывность тангенциальных составляющих электрического и магнитного полей.

Постановка прямой задачи

Задача рассеяния вперед (1) - (3) имеет не более одного решения для трехмерного случая [1], [10]. Существование решение может быть доказано с помощью граничных интегральных уравнений в комбинации с потенциалами простого и двойного солев. Здесь мы опираемся на решение прямой задачи, основанный на применении потенциала простого слоя [1]. Для этого мы обозначим через

$$\Phi_k(x,y) := \frac{i}{4} H_0^{(1)}\left(k|x-y|\right), \quad x \neq y,$$

фунтаментальное решение уравнение Гельмгольца с волновым числом k в $\mathbb{R}^2$ в терминах функции Ханкеля нулевого и первого порядков. Для волнового числа $k = k_q$ и $k = k_0$ вводим в пространстве Соболева операторы потенциалов простого слоя

$$S_k : H^{-1/2}(\partial D) \to H^{-1/2}(\partial\Omega)$$

согласно

$$(S_k\varphi)(x) := 2\int_{\partial\Omega} \Phi_k(x,y)\varphi(y)ds(y), \quad x \in \partial\Omega,$$

и операторов нормальной производной

$$K_k' : H^{-1/2}(\partial\Omega) \to H^{-1/2}(\partial\Omega)$$

согласно

$$(K_k'\varphi)(x) := 2\int_{\partial\Omega} \frac{\partial\Phi_k(x,y)}{\partial\nu(x)}\varphi(y)ds(y), \quad x \in \partial\Omega,$$

Свойства этих операторов и пространство Соболева изложены в [11-12]. Тогда из соотношений скачков вытекает, что потенциалы простого слоя

$$v(x) := \int_{\partial\Omega} \Phi_{k_q}(x,y)\varphi_q(y)ds(y), \qquad x \in \partial\Omega,$$

$$u^s(x) := \int_{\partial\Omega} \Phi_{k_0}(x,y)\varphi_0(y)ds(y), \qquad x \in \mathbb{R}^2 \setminus \bar{\Omega},$$

будет решением задачи рассеяния (1)–(3) при условии, что плотности φ_q and φ_0 удовлетворяют систему интегральных уравнений

$$S_{k_q}\varphi_q - S_{k_0}\varphi_0 = 2u^i|_{\partial\Omega},$$

$$\varphi_q + K'_{k_q}\varphi_q + \varphi_0 - K'_{k_0}\varphi_0 = 2\frac{\partial u^i}{\partial \nu}\bigg|_{\partial\Omega}, \tag{4}$$

которых в дальнейшем будем называть уравнениями поля. При условии, что k_0 не является собственным значением задачи Дирихле для оператора $-\Delta$ (Δ - оператор Лапласа), с помощью теории Рисса-Фредгольма в работе [13] показано, что система (7) имеет единственное решение в $H^{-1/2}(\partial\Omega)\times H^{-1/2}(\partial\Omega)$. Поэтому будем считать, что k_0 не является собственным значением задачи Дирихле для оператора $-\Delta$ в области Ω. После введения оператора дальней зоны $S_\infty : H^{-1/2}(\partial D) \to L^2(S^1)$ с помощью

$$(S_\infty\varphi)(\hat{x}) := \gamma\int_{\partial\Omega} e^{-ik_0\hat{x}\cdot y}\varphi(y)ds(y), \quad \hat{x} \in S^1,$$

и асимптотики функции Ханкеля заметим, что изображение дальнего поле для решения задачи рассеяния (1) - (3) дается следующей формулой

$$u_\infty = S_\infty\varphi_0$$

в терминах решения (4).

Численное решение прямой задачи

Для численного решения уравнения (4) будем предполагать, что граничная кривая $\partial\Omega$ задается в параметризованной форме

$$\partial\Omega = \{z(t) : 0 \le t \le 2\pi\}.$$

Тогда $\psi = \varphi \circ z$, учитывая зависимость операторов на граничной кривой, введем параметризированный оператор потенциала простого слоя

$$\tilde{S}_k : H^{-1/2}[0,2\pi]\times C^2[0,2\pi] \to H^{1/2}[0,2\pi]$$

с помощью соотношения

$$\tilde{S}_k(\psi,z)(t) := \frac{i}{2}\int_0^{2\pi} H_0^{(1)}\left(k|z(t)-z(\tau)|\right)|z'(\tau)|\psi(\tau)d\tau$$

и параметризированный оператор нормальной производной

$$\tilde{K}'_k : H^{-1/2}[0,2\pi]\times C^2[0,2\pi] \to H^{1/2}[0,2\pi]$$

по формуле

$$\tilde{K}'_k(\psi,z)(t) := \frac{ik}{2}\int_0^{2\pi} \frac{\left[z'(t)^\perp \cdot [z(\tau)-z(t)]\right]}{|z'(t)||z(\tau)-z(t)|} H_1^{(1)}\left(k|z(t)-z(\tau)|\right)|z'(\tau)|\psi(\tau)d\tau$$

для $t \in [0,2\pi]$. Здесь мы использовали равенство $H_0^{(1)'} = -H_1^{(1)}$ для функции Ханкеля $H_1^{(1)}$ нулевого и первого порядков. Также, мы можем писать $a^\perp = (a_2,-a_1)$ для любого вектора $a = (a_1,a_2)$, т.е. $a^\perp$ получается путем вращения по часовой стрелке на 90 градусов. Тогда параметризированная форма системы интегральных уравнений (4) задается соотношением

$$\tilde{S}_{k_q}(\psi_q, z) - \tilde{S}_{k_0}(\psi_0, z) = 2u^i \circ z,$$

$$\psi_q + \tilde{K}'_{k_q}(\psi_q, z) + \psi_0 - \tilde{K}'_{k_0}(\psi_0, z) = \frac{2}{|z'|}[z']^{\perp} \cdot \operatorname{grad} u^i \circ z. \qquad (5)$$

Ядро

$$M(\mathrm{t},\tau) := \frac{i}{2} H_0^{(1)}\left(k\left|z(t) - z(\tau)\right|\right)\left|z'(\tau)\right|$$

и

$$L(\mathrm{t},\tau) := \frac{ik}{2}\int_0^{2\pi} \frac{\left[z'(t)^{\perp} \cdot \left[z(\tau) - z(t)\right]\right]}{\left|z'(t)\right|\left|z(\tau) - z(t)\right|} H_1^{(1)}\left(k\left|z(t) - z(\tau)\right|\right)\left|z'(\tau)\right|$$

операторов $\tilde{S}_k$ и $\tilde{K}'_k$ может быть записано в следующем виде

$$M(t,\tau) = M_1(t,\tau)\ln\left(4\sin^2\frac{t-\tau}{2}\right) + M_2(t,\tau),$$

$$L(t,\tau) = L_1(t,\tau)\ln\left(4\sin^2\frac{t-\tau}{2}\right) + L_2(t,\tau),$$

где

$$M_1(t,\tau) = -\frac{1}{2\pi} J_0\left(k\left|z(t) - z(\tau)\right|\right)\left|z'(\tau)\right|,$$

$$M_2(t,\tau) := M(t,\tau) + M_1(t,\tau)\ln\left(4\sin^2\frac{t-\tau}{2}\right),$$

$$L_1(t,\tau) := -\frac{k}{2\pi}\frac{\left[z'(t)^{\perp} \cdot \left[z(\tau) - z(t)\right]\right]}{\left|z'(t)\right|\left|z(\tau) - z(t)\right|} J_1\left(k\left|z(t) - z(\tau)\right|\right)\left|z'(\tau)\right|,$$

$$L_2(t,\tau) := L(t,\tau) - L_1(t,\tau)\ln\left(4\sin^2\frac{t-\tau}{2}\right).$$

Для численного примера рассмотрим рассеяние плоской волны на диэлектрическом цилиндре с невыпуклым поперечным сечением, граница которой $\partial\Omega$ задается параметрическим представлением

$$z(t) = (\cos t + 0.65\cos 2t - 0.65, 1.5\sin t), \qquad 0 \le t \le 2\pi.$$

Из асимптотики функций Ханкеля можно сделать вывод о том, что изображение дальней зоны поля от потенциала простого слоя u^s с плотностью φ_0 задается в виде

$$u_\infty(\hat{x}) := \gamma\int_{\partial\Omega} e^{-ik_0\hat{x}\cdot y}\varphi_0(y)\,ds(y), \quad \hat{x} \in S^1,$$

здесь $\gamma = \dfrac{e^{i\frac{\pi}{4}}}{\sqrt{8\pi k_0}}$. Последнее выражение может быть оценено с помощью составного правила трапеций после решения системы интегральных уравнений (4) для φ_0, т.е. после решения (5) для ψ_0.

В таблице 1 приведены некоторые значения приближения для дальнего поля в направлении d и противоположном направлении $-d$. Направление падающей волны $d = (1,0)$, а волновые числа равны $k_0 = 1$ и $k_d = 2 + 3i$. Можно отметить, что экспоненциальная сходимость проявляется хорошо.

Таблица 1. Численный результат для прямой задачи рассеяния

n	$\mathrm{Re}u_\infty(d)$	$\mathrm{Im}u_\infty(d)$	$\mathrm{Re}u_\infty(-d)$	$\mathrm{Im}u_\infty(-d)$
8	-0.601724	-0.005355	-0.246032	0.318496
16	-0.601896	-0.005619	-0.246183	0.318605
32	-0.601901	-0.005628	-0.2461956	0.318605

Заключение

В работе исследовано и получено численное решение прямой задачи рассеяние. В прямой задаче рассеяния необходимо определить поле заданных источников при заданных геометрических и физических характеристиках рассеивателей. Для приближенного численного решения прямой задачи рассеяния применяется методы теории потенциала простого слоя и методы граничных интегральных уравнений. При этом решение уравнения Гельмгольца представляется в виде функции Ханкеля нулевого и первого порядков и вводятся в пространстве Соболева параметризированный оператор потенциала простого слоя и параметризированный оператор нормальной производной. Эти интегральные операторы задают систему уравнений для неизвестных потенциалов, решая которых получаем приближенное решение исходной прямой задачи рассеяния. Приближенное численное решение рассмотрено для случая рассеяние плоской волны на диэлектрическом цилиндре с невыпуклым поперечным сечением, граница которой $\partial\Omega$ задано параметрическим представлением. Полученные результаты могут найти применение в обратной задаче определения неизвестной границы рассеивателя по данным о рассеянном поле.

Список использованной литературы:

1 Колтон Д., Кресс Р. Методы интегральных уравнений в теории рассеяния. – М.: Мир, 1987

2 Ваганов Р.Б. Каценеленбаум Б.З. Основы теории дифракции – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982.

3 Панасюк В.В., Саврук М.П., Назарчук З.Т. Метод сингулярных интегральных уравнений в двумерных задачах дифракции. – Киев: Наукова думка, 1984.

4 Кинг Р., Тай-Цзунь У. Рассеяние и дифракция электромагнитных волн – М. : Изд-во иностр. лит-ры, 1962

5 Сумбатян М., Скалия А. Основы теории дифракции с приложениями в механике и акустике –М .:ЛитРес, 2017

6 Свешников А.Г., Могилевский И.Е. Математические задачи теории дифракции. – М.: Физический факультет, 2012.

7 Галишникова Т.Н., Ильинский А.С. Численные методы в задачах дифракции - М.: Изд-во МГУ, 1987.

8 Давыдов А.Г., Захаров Е.В., Пименов Ю.В. Метод численного решения задач дифракции электромагнитных волн на незамкнутых поверхностях вращения // Докл.АН СССР, 1983, т.269, № 2, с. 329-333.

9 Harju M., Fotopoulos G. Numerical Solution of Direct and Inverse Scattering Problems in 1D with a General Nonlinearity // Computational Methods in Applied Mathematics, vol. 14, Issue 3, 2014, pp.347-360

10 Kress R. and Roach G.F. Transmission problems for the Helmholtz equation. //J. Math. Phys., 19, 1978, pp. 1433–1437.

11 Kress R. Integral Equations. 2nd. ed - Springer Verlag, Berlin 1998.

12 Serranho, P. A hybrid method for inverse scattering for shape and impedance // Inverse Problems, 22, 2006, pp. 663–680.

13 Colton D. and Kres, R Inverse Acoustic and Electromagnetic Scattering Theory. 2nd. ed. - Springer, Berlin, 1998.

УДК 519.6
ГРНТИ 27.41.19

М.А. Султанов [1], Д.А. Бердышева [2], Р. Ибрагимов [3], А.С. Ерназар [4]

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ДВУМЕРНОЙ ЗАДАЧИ ПРОДОЛЖЕНИЯ ГРАВИТАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ МЕТОДОМ СОПРЯЖЕННЫХ ГРАДИЕНТОВ

[1] к.ф.-м.н., и.о. профессора Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Ясави, г. Туркестан, Казахстан
[2] мнс, Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, г.Алматы, Казахстан
[3] д.п.н, профессор Южно-Казахстанского педагогического университета, г. Шымкент, Казахстан
[4] магистрант Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Ясави, г. Туркестан, Казахстан

Аннотация

В работе численно решена задача продолжения гравитационных аномальных полей в сторону возмущающих масс. Рассматриваемая задача формулируется как задача Неймана для уравнения Лапласа в области вне зоны аномалии. Для удобства она переформулируется как задача Дирихле. Решение задачи продолжения представляется в виде потенциала простого слоя и сводится к интегральному уравнению первого рода. Интегральный оператор задачи является самосопряженным и ограниченным оператором, но в общем случае не является положительным, поэтому непосредственное применение итерационного метода невозможно. В связи с этим проводится симметризация уравнения. Для численного решения задачи продолжения применяется метод сопряженных градиентов. Проведены результаты вычислительных экспериментов по восстановлению гравитационного поля при различных уровнях погрешности измерений правой части уравнения.

Ключевые слова: гравитационное поле**,** задача продолжения**,** уравнения Лапласа, оператор, погрешность, метод сопряженных градиентов

Аңдатпа

М.А. Султанов [1], Д.А. Бердышева [2], Р. Ибрагимов [3], А.С. Ерназар [4]

ЕКІ ӨЛШЕМДІ ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ ӨРІСТЕРДІ ЖАЛҒАСТЫРУ ЕСЕБІН ТҮЙІНДЕС ГРАДИЕНТТЕР ӘДІСІМЕН САНДЫҚ ШЕШУ

[1] *Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университетінің профессор м.а., ф.-м.ғ.к., Түркістан қ., Қазақстан*
[2] *ҚР БжҒ министрлігі Ғылым комитетінің Ақпараттық және есептеу технологиялары институтының кіші ғылыми қызметкері, Алматы қ, Қазақстан*
[3] *Оңтүстік Қазақстан педагогикалық университетінің профессоры, п.ғ.д. Шымкент қ., Қазақстан*
[4] *Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университетінің магистранты, Түркістан қ., Қазақстан*

Жұмыста гравитациялық аномальді өрістерді қобалжытушы массаларға қарай жалғастыру есебі сандық шешілген. Аномалия аймағынан тыс аймақта қарастырылатын есеп Лаплас теңдеуі үшін Нейман есебі ретінде сипатталады. Ыңғайлылық үшін ол Дирихле есебі ретінде қайта сипатталады. Жалғастыру есебінің шешімі жай қабат потенциалы түрінде өрнектеледі және бірінші текті интегралдық теңдеуге келтіріледі. Есептің интегралдық операторы өз-өзіне түйіндес және шенелген оператор болады, алайда жалпы жағдайда оң анықталған оператор болмайды, сондықтан жай итерация әдісін тікелей қолдану мүмкін болмайды. Осыған байланысты теңдеуді симметризациялау жүргізіледі. Жалғастыру есебін сандық шешу үшін түйіндес градиенттер әдісі қолданылады. Теңдеудің оң жағының өлшеу алшақтықтарының түрлі деңгейлері үшін гравитациялық өрісті тіктеу бойынша есептеу тәжірибелерінің нәтижелері келтірілген.

Түйін сөздер: гравитациялық өріс, жалғастыру есебі, Лаплас теңдеуі, оператор, алшақтық, түйіндес градиенттер әдісі

Abstract

NUMERICAL SOLUTION OF TWO-DIMENSIONAL CONTINUATION OF GRAVITY FIELD PROBLEMS BY CONJUGATE GRADIENT METHOD

Sultanov M.A. [1], Berdysheva D.A. [2], Ibragimov R. [3], Ernazar A.S. [4]
[1] *Cand. Sci.(Phys-Math), professor of the International Kazakh-Turkish University named after Khoja Ahmed Yasawi, Turkestan, Kazakhstan*
[2] *Junior researcher, Institute of Information and Computing Technologies of the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan*
[3] *Doctor of Pedagogical Sciences, Professor of South Kazakhstan Pedagogical University, Shymkent, Kazakhstan*
[4] *Graduate student of International Kazakh-Turkish University named after Khoja Ahmed Yasavi, Turkestan, Kazakhstan*

The problem of continuation of gravitational anomalous fields in the direction of perturbing masses is solved numerically. The problem under consideration is formulated as the Neumann problem for the Laplace equation in the region outside the anomaly zone. For convenience, it is reformulated as the Dirichlet problem. The solution of the extension problem is represented as the potential of a simple layer and reduces to an integral equation of the first kind. The integral operator of the problem is a self-adjoint and bounded operator, but in general it is not positive, so the direct application of the iteration method is impossible. In this connection, the equation is symmetrized. For the numerical solution of the continuation problem, the conjugate gradient method is applied. The results of computational experiments on the restoration of the gravitational field are performed at various levels of error in the measurements of the right-hand side of the equation.

Key words: gravitational field, continuation problem, Laplace equation, operator, error, conjugate gradient method

Введение

В геофизических исследованиях важное значение имеют методы грави- и магнитометрии, а также электроразведки. Эти методы основаны на изучении гравитационного поля на поверхности Земли и вблизи нее. Оно связано с аномалией силы тяжести, обусловленное неоднородными по плотности массами. При этом основными параметрами вступают плотности масс, их размер и глубина залегания. Методы грави- и магниторазведки применяют для поисков полезных ископаемых, в исследованиях верхних слоев земной коры и др [1, 2].

На основе решения задачи продолжения в сторону возмущающих масс идентифицируются в той или иной степени положение аномалий гравитационных и электромагнитных полей. Математическая модель задачи сводится к решению интегрального уравнения первого рода, решение которого неустойчиво. Для его численного решения применяются различные методы регуляризации некорректно поставленных задач [3,4].

Задачи продолжения решения дифференциального уравнения с части границы области исследованы М.М.Лаврентьевым [5], в работе [6] разработаны методы определения моментов возмущающих аномальных масс по измеренным значениям производных потенциала.

Численные методы решения обратной задачи грави- и магнитометрии, основанные на понятии регуляризациии некорректных задач, которое ввел А.Н.Тихонов, разрабатывались В.И.Страховым [7], Б.В. Гласко [8], В.И.Старостенко [9] и др.

В работах [10,11] предложены итерационные методы решения интегрального уравнения первого рода трехмерной задачи продолжения, в том числе с ядром Пуассона. В работе П.Н.Вабищевича [12] рассмотрен итерационный метод решения двумерной задачи продолжения с выбором итерационого параметра методом простой итерации и методом скорейшего спуска. Как указано в этой работе, в задачах с очень малыми погрешностями в правых частях целесообразно использовать метод сопряженных градиентов, когда скорость сходимости этих методов бывает недостаточно.

В настоящей работе рассматривается применение итерационного метода сопряженных градиентов для численного решения двумерной задачи продолжения гравитационных полей.

Постановка задачи и метод решения

Пусть U гравитационный потенциал аномалии, расположенный в толще Земли. Обозначим через $x-$ горизонтальную координату, а ось z направим вертикально вверх, причем на земной поверхности $z=0$. Рассмотрим задачу продолжения гравитационного потенциала при $z<0$ вплоть до аномалий, глубина залеганий которых есть H.

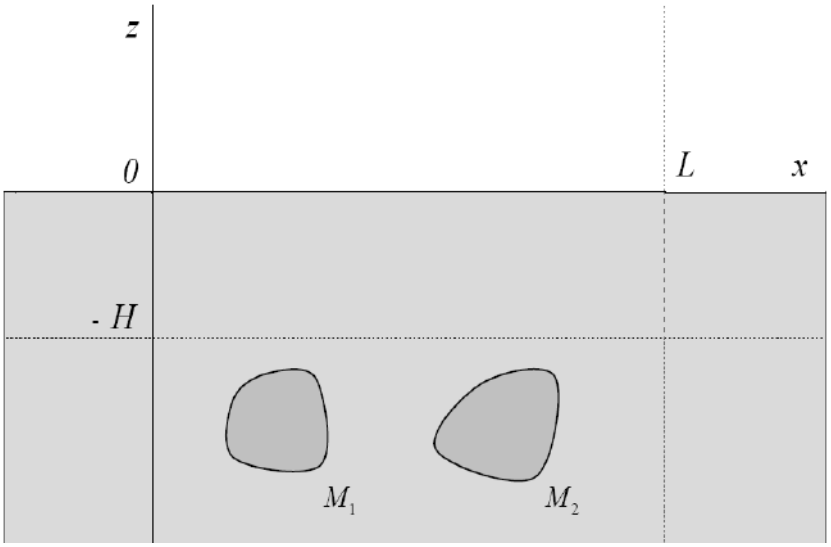


Рисунок 1. Иллюстрация к задаче продолжения

Будем рассматривать задачу продолжения гравитационного потенциала от возмущающих масс (области M_1, M_2 на рис.1) . В области вне аномалии потенциал $U(x,t)$ удовлетворяет уравнению Лапласа

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 U}{\partial x^2}=0, \quad z>-H. \tag{1}$$

На земной поверхности по данным натурных измерений ставится условия (наблюдается вертикальная первая призводная потенциала)

$$\frac{\partial U}{\partial x}(x,0)=\varphi(x). \tag{2}$$

Из физических соображений, еще одно краевое условие имеет вид

$$U(x,\infty)=0. \tag{3}$$

При этом на функцию $\varphi(x)$ накладываются естественные ограничения на поведения при $|x|\to\infty$, обеспечивающие ограниченность решения.

Задача (1)-(3), рассматриваемая при $z>0$ есть обычная краевая задача (задача Неймана) для уравнения Лапласа. Мы будем рассматривать задачу продолжения решения этой корректной задачи в прилегающую область, в которой $-H<z<0.$

Задача продолжения (1)-(3) не совсем удобно для исследования при $z<0$ из за граничного условия (2). Для удобства переформулируем её как задачу продолжения для $u=\partial U/\partial x$:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}=0, \quad z>-H, \tag{4}$$

$$u(x,0)=\varphi(x), \tag{5}$$

$$u(x,\infty)=0. \tag{6}$$

В случае (4)-(6) мы имеем задачу продолжения решения задачи Дирихле для уравнения Лапласа.

Для приближенного решения задачи продолжения (4)-(6) используются различные численные алгоритмы. Как в [12], мы будем применять метод интегральных уравнений. Гравитационный потенциал от аномалий будем приближать потенциалом простого слоя с носителем, расположенным на отрезке $0\le x\le L$ и глубине $z=-H.$ Тогда, с точностью до множителя, имеем

$$U(x,t)=\int_0^L \ln r\cdot\mu(\tau)\,d\tau,\quad r=\sqrt{(x-\tau)^2+(z+H)^2},\quad z>-H. \tag{7}$$

Для условия (2) получим

$$u(x,t)=\int_0^L \frac{z+H}{(x-\tau)^2+(z+H)^2}\,\mu(\tau)\,d\tau,\quad z>-H. \tag{8}$$

Тогда, с учетом (5) и (8) получим интгеральное уравнение первого рода для определения неизвестной плотности $\mu(\tau)$:

$$\int_0^L K(x,\tau)\,\mu(\tau)\,d\tau=\varphi(x), \tag{9}$$

где ядро $K(x,\tau)$ является симметричным ядром и имеет вид

$$K(x,\tau)=\frac{H}{(x-\tau)^2+H^2}.$$

Запишем уравнение (9) в виде операторного уравнения первого рода

$$A\mu=\varphi \tag{10}$$

Здесь

$$A\mu=\int_0^L K(x,\tau)\mu(\tau)\,d\tau.$$

Хорошо известно, что интегральный оператор $A:H\to H,$ где $H=L_2(0,L)$, является самосопряженным и ограниченным оператором, но не является положительно определенным операторам, вследствие чего прямое применение итерационного метода неправомерно. Поэтому необходимо предварительная симметризация уравнения (10):

$$A^*A\mu=A^*\varphi, \tag{11}$$

после которой затем используется итерационный метод. Здесь A^* – сопряженный оператор к оператору A.

Численный алгоритм решения задачи

Для численного решения интегрального уравнения (10) будем использовать равномерную сетку

$$\bar{\omega}_h=\{x\,|\,x=(i-0.5)h,\ \mathrm{i}=1,2,...,N,\ Nh=L\}.$$

Приближенное решение обозначим через $v_i=v(x_i),\ i=1,2,...,N$. Применяя квадратурную формулу прямоугольников интеральному оператору A поставим в соответствие следующий сеточный оператор

$$(A_hv)(x_i)=\sum_{j=1}^{N}K(x_i,\tau_j)v_jh. \tag{12}$$

Тогда сеточным аналогом уравнения (11) является

$$\mathrm{A}v=f,\quad \mathrm{A}=A_h^*A_h,\quad f=A_h^*\varphi \tag{13}$$

Для численного решения (13) будем применять метод сопряженных градиентов [13]. Приведем алгоритм метода сопряженных градиентов применительно к уравнению (13).

На *«нулевой» итерации* выполняются подготовительные действия:

1. Полагаем $k=0$.
2. По заданному начальному приближению $v^{(0)}$ (обычно $v^{(0)}=0$) вычис-ляем невязку $r^{(0)}=f-\mathrm{A}v^{(0)}$.
3. В качестве направления движения выбирается $p_1=r^{(0)}$. На первой и следующих итерациях ($k=1,2,...,$) выполняются следующие действия:

4. Вычисляем номер текущей итерации $k = k + 1.$
5. Вычисляем коэффициент

$\alpha_k = \langle r^{(k-1)}, r^{(k-1)} \rangle / \langle \mathrm{A}p_k, p_k \rangle$. ($\langle \cdot, \cdot \rangle -$ скалярное произведение в H_h)

6. Находим новое приближение решения

$v^{(k)} = v^{(k-1)} + \alpha_k p_k$.

7. Вычисляем новую невязку

$r^{(k)} = r^{(k-1)} - \alpha_k \mathrm{A}p_k.$

8. Проверяем условие окончания итерационного процесса, например,

$\left\| r^{(k)} \right\| / \|b\|$. ($\|\cdot\| -$ норма, $\varepsilon -$ точность решения)

Если условие выполняется, то алгоритм завершается.

9. Вычисляем коэффициент

$\beta_k = \langle r^{(k)}, r^{(k)} \rangle / \langle r^{(k-1)}, r^{(k-1)} \rangle.$

10. Определяем новое направление движения

$p_{k+1} = r^{(k)} + \beta_k p_k.$

11. Переходим на шаг 4.
12. Конец алгоритма.

Результаты вычислительных расчетов

В проведенных расчетах нами использована модельная задача с двумя аномалиями кругового сечения с центрами $\left(x^1, z^1\right) = \left(0.8, -0.3\right)$, $\left(x^2, z^2\right) = \left(1.1, -0.4\right)$. Точное решение задачи (4)-(6) при этих данных имеет вид

$$u(x,z) = c_1 \frac{z - z_1}{\left(x - x_1\right)^2 + \left(z - z_1\right)^2} + c_2 \frac{z - z_2}{\left(x - x_2\right)^2 + \left(z - z_2\right)^2} \ .$$

Примем $c_1 = 0.3,\ c_2 = 1.2,$ т.е. можно считать, что более глубокая аномалия имеет в четыре раза большую мощность.

Приведем результаты вычислительных расчетов решения задачи продолжения в случае, когда $H = 0.225$. В вычислительных расчетах предусмотрено использование различных сеток. Нами приведены результаты для случая $N = 100$. Наиболее важной представляется зависимость точности восстановления гравитационного аномального поля в зависимости от погрешности во входных данных δ. Погрешности во входных данных моделировались тем, что точное решение в узлах сетки возмущались по закону:

$$\varphi_\delta(x) = \varphi(x) + 2\zeta\left(\sigma(x) - \frac{1}{2}\right), \quad x = x_i,\ i = 1, 2, ..., N,$$

где $\sigma(x) -$ нормально распределенная от 0 до 1 случайная величина. Параметр ζ определяет уровень погрешности в задании правой части уравнения (10), причем

$\left\| \varphi_\delta(x) - \varphi(x) \right\| \le \delta = \zeta\sqrt{L}$.

На рис. 2 показано график точного решение задачи, а на рис.3 приведено графики точного решения на различных глубинах H.

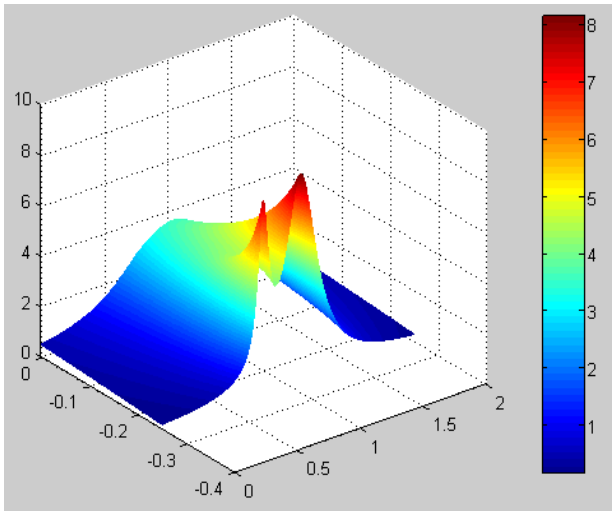


Рисунок 2. График точного решения

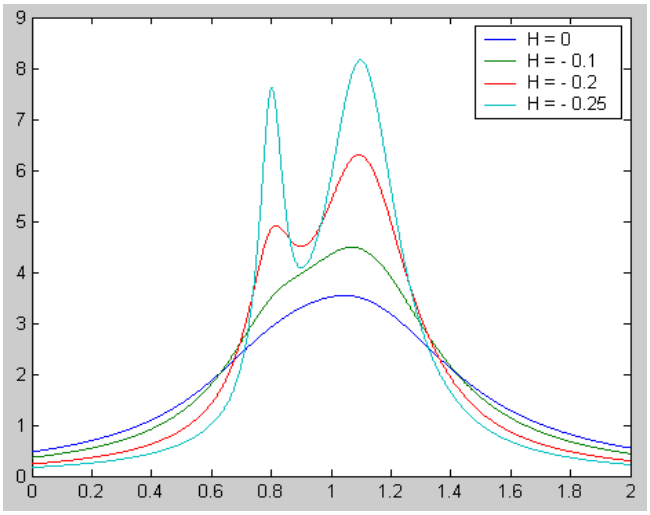


Рисунок 3. Графики точного решения на различных глубинах

На рисунках 4, 5 представлены данные, полученные при решении задачи методом сопряженных градиентов с погрешностями $\delta = 0,1$ и $\delta = 0,01$ во входных данных (поля на земной поверхности $z = 0$). Приведены точные и найденные поля на глубине $z = -0,2$.

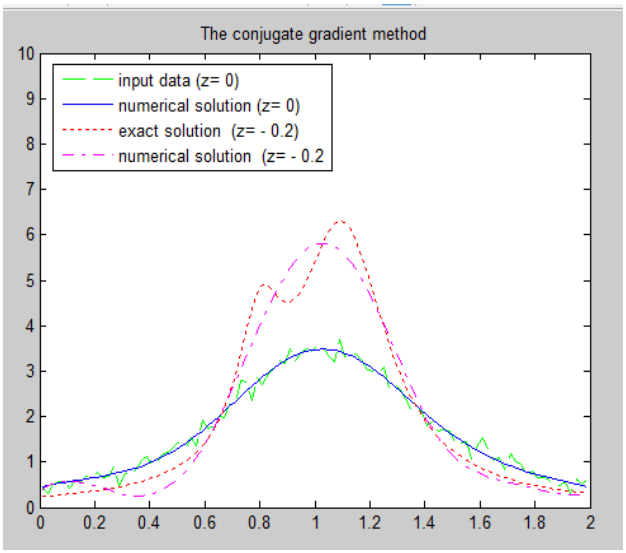


Рисунок 4. Решение задачи продолжения методом сопряженных градиентов при $\delta = 0,1$

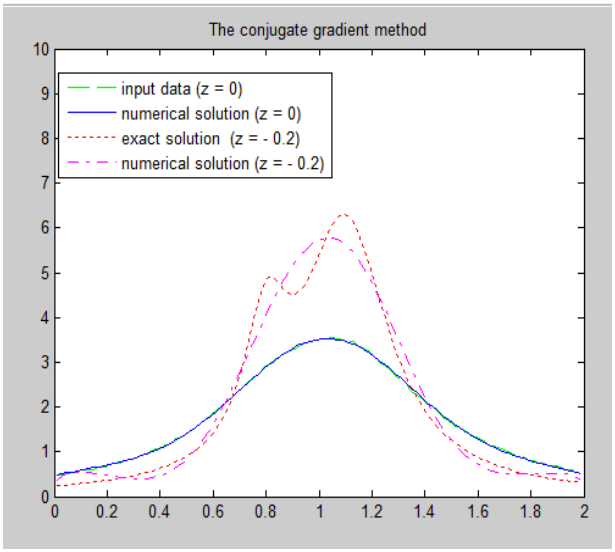


Рисунок 5. Решение задачи продолжения методом сопряженных градиентов при $\delta = 0,01$

На рисунках 6, 7 представлены аналогичные данные, полученные при решении задачи методом простой итераций (с $\delta = 0,1$ и $\delta = 0,01$).

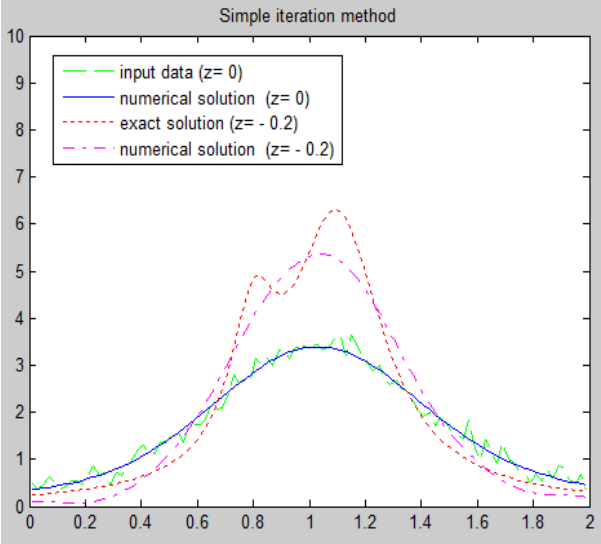


Рисунок 6. Решение задачи продолжения методом простой итераций при $\delta = 0{,}1$

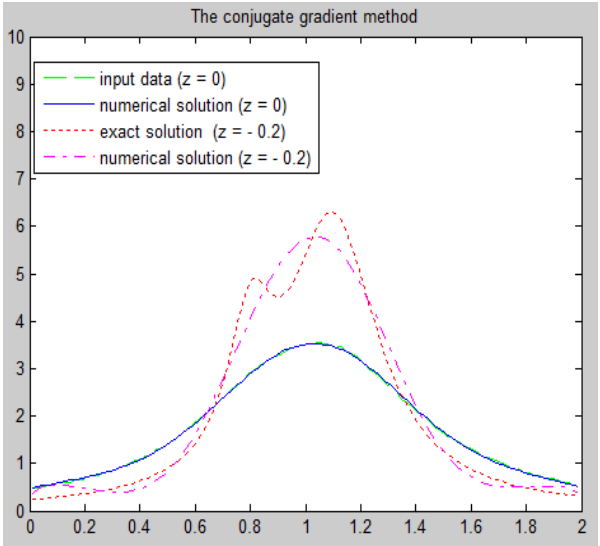


Рисунок 7. Решение задачи продолжения методом простой итераций при $\delta = 0{,}01$

При численном исследовании итерационных алгоритмов важным представляется получение зависимости относительной нормы невязки от номера итерации. Ниже приведены графики зависимости относительной нормы невязки от номера итерации для метода сопряженных градиентов и метода простой итераций (для $\delta = 0{,}01$).

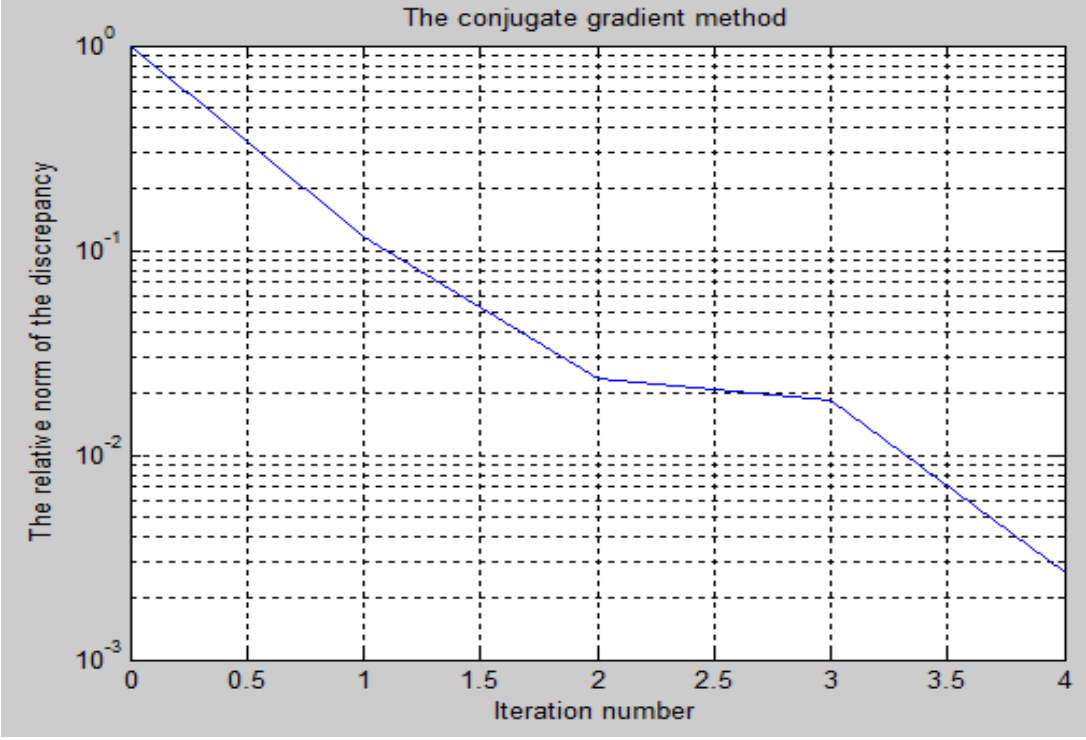


Рисунок 8. Зависимость относительной нормы невязки от номера итерации для метода сопряженных градиентов

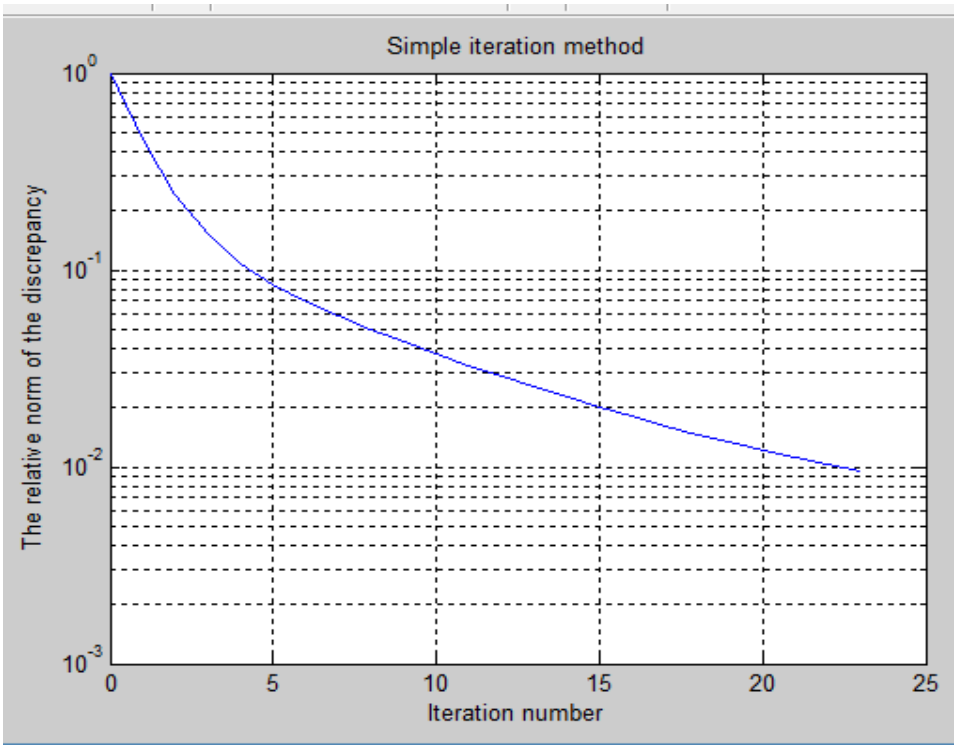


Рисунок 9. Зависимость относительной нормы невязки от номера итерации для метода простой итераций

Так как относительная норма невязки при нулевом начальном приближении меняется от 1 до заданного малого значения в критерии останова итераций, используется логарифмический масштаб графика по оси ординат (функция semilogy в MatLab).

Как видно их графиков 8 и 9, сходимость метода сопряженных градиентов 4-5 раза быстрее метода простой итерации. Этим обосновывается необходимость применения метода сопряженных градиентов, когда погрешности измерений правых частей уравнений очень малы.

Заключение

Численные расчеты проводились с использованием системы MatLab версии 7.11.0.584 (R2010b) на 4–х ядерном компьютере ENVY 23 с процессором Intel Core i5. Результаты численных расчетов позволяет утверждать, что скорость метода сопряженных градиентов 4-5 раз быстрее чем другие итерационные методы и этот метод целесообразно использовать в обратных задачах гравиметрии при малых погрешностях измерений во входных данных.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерство образования и науки Республики Казахстан (проект AP05133873)

Список использованной литературы:

1 Миронов В.С. Курс гравиразведки. 2-е изд, перераб. и доп. - Ленинград: Недра, 1980. - 543 с.

2 Березин В.М. Применение гравиразведки для поиска месторождений нефти и газа. – М.:, Недра, 1978, - 264 с.

3 Тихонов А.Н., Гончарский А.В., Степанов В.В., Ягола А.Г. Численные методы решения некорректных задач. - М.: Наука, 1990. - 232 с.

4 Тихонов А.Н., Гончарский А.В., Степанов В. В., Ягола А. Г. Регуляри-зирующие алгоритмы и априорная информация. - М.: Наука, 1983. - 200 с.

5 Лаврентьев М.М. О задаче Коши для уравнения Лапласа // Изв. АН СССР. Сер. матем., 1956, том 20, выпуск 6, с. 819–842.

6 Иванов В.К. Об определении гармонических моментов возмущающих масс по производной гравитационного потенциала, заданной на плоскости // Изв. АН СССР. Сер. Геогр. и геофиз. 1950. № 5. с. 403-414.

7 Страхов В.Н., Лапина М.И. Определение интегральных характеристик возмущающих масс аппроксимационным методом в задачах гравиметрии и магнитометрии // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1975. № 4. с. 35-58.

8 Гласко В.Б., Остромогильский А.Х., Филатов В.Г. О восстановлении глубины и формы контактной поверхности на основе регуляризации // Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 1970, том 10, номер 5, с. 1292–1297.

9 Старостенко В.И. Устойчивые численные методы в задачах гравиметрии. - Киев: Наука думка, 1978. - 227 с.

10 Дмитриев В.И., Дмитриева И. В. Трехмерная задача продолжения потенциала // Прикладная Математика и информатика. - Т. 48, Труды факультета ВМК МГУ им. М.В. Ломоносова. — МАКС Пресс Москва, 2015. - с. 47–55

11 Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Численные методы решения обратных задач математической физики. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 480 с.

12 Горбаченко В.И. Вычислительная линейная алгебра и примерами на MATLAB. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 320 с.

УДК 372.51:37.016
ГРНТИ 14.25.09

Sydykhov B.D. [1], *Alyaz A.* [2]

[1] *Dr.Sci.(Pedagogical), Assosiate Professor, Abai University, Almaty, Kazakhstan*
[2] *PhD student, Suleyman Demirel University, Kaskelen, Kazakhstan*

THEORETICAL FEATURES OF THE FUTURE TEACHER PREPARATION FOR THE FORMATION OF FUNCTIONAL LITERACY OF PRIMARY SCHOOL STUDENTS IN THE INTEGRATED TEACHING OF MATHEMATICS AND PHYSICS

Abstract

In the work theoretical features and pedagogical means of development of professional competence of preparation of the future teacher on formation of functional literacy of pupils of the basic school at the integrated training of mathematics and physics

The development of the professional competence of the future teacher of mathematics in the formation of functional literacy of students includes: the objectives of improving the professional competence of the teacher; educational training program; complex of organizational and pedagogical conditions; system of operational management of the process of increasing the professional competence of the future teacher; Levels of the teacher's professional competence in pedagogical activity(critical, acceptable, optimal), reflecting the degree of his mastery of the skills to design and organize the educational process, taking into account the formation of technological, communicative and personal components of the functional literacy of students. To solve this problem, it is necessary to develop and test a technology for the development of the teacher's professional competence in developing the functional literacy of students in the integrated teaching of mathematics and physics.

Key words: functional literacy, pedagogical means, technology, integrated training, professional competence.

Аңдатпа

Б.Д. Сыдықов, [1] *А. Аляз* [2]

НЕГІЗГІ МЕКТЕП ОҚУШЫЛАРЫНЫҢ ФУНКЦИОНАЛДЫҚ САУАТТЫЛЫҚТАРЫН МАТЕМАТИКА МЕН ФИЗИКАНЫ КІРІКТІРІП ОҚЫТУ АРҚЫЛЫ ҚАЛЫПТАСТЫРУҒА БОЛАШАҚ МҰҒАЛІМДЕРДІ ДАЙЫНДАУДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

[1] *п.ғ.д., доцент, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан*
[2] *PhD докторант, Сулейман Демирель университеті, Қаскелең қ., Қазақстан*

Еңбекте негізгі мектеп оқушыларының функционалдық сауаттылықтарын математика мен физиканы кіріктіріп оқыту негізінде қалыптастыруға болашақ мұғалімдердің кәсіби құзыреттілігін дамытудың теориялық ерекшеліктері мен педагогикалық құралдары қарастырылады. Оқушыларының функционалдық сауаттылықтарын қалыптастыру бойынша болашақ математика мұғалімдерінің кәсіби құзыреттілігін дамыту мыналарды қамтиды: мұғалімнің кәсіби құзыреттілігін арттырудың мақсаты; оқыту бойынша білім бағдарламасы; ұйымдастыру-педагогикалық шарттар кешені; болашақ мұғалімнің кәсіби құзыреттілігін арттыру үдерісін жедел басқару жүйесі; мұғалімнің кәсіби құзыреттілігінің педагогикалық үдерісте көрінуі, яғни оның оқушылардың функционалдық сауаттылықтарын қалыптастырудың технологиялық, коммуникативті және тұлғалық компоненттерін ескеру арқылы білім беру үдерісін жобалау және ұйымдастыру іскерліктерін меңгеру дәрежесін бейнелейтін деңгейлері (сыни, қол жетімділік, оңтайлы). Аталған мәселені шешу үшін оқушылардың функционалдық сауаттылықтарын математика мен физиканы кіріктіріп оқыту негізінде қалыптастыруға болашақ мұғалімдердің кәсіби құзыреттілігін дамытудың технологиясын жасау және тексеруден өткізу қажет болады.

Түйін сөздер: функционалдық сауаттылық, педагогикалық құралдар, технология, кіріктіріп оқыту, кәсіби құзыреттілік.

Аннотация

Б.Д. Сыдыхов,[1] А. Аляз [2]
[1] д.п.н., доцент, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан
[2] PhD докторант, Университет Сулеймана Демиреля, г. Каскелен, Казахстан

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ БУДУЩЕГО УЧИТЕЛЯ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ГРАМОТНОСТИ УЧАЩИХСЯ ОСНОВНОЙ ШКОЛЫ ПРИ ИНТЕГРИРОВАННОМ ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКИ И ФИЗИКИ

В работе рассмотрены теоретические особенности и педагогические средства развития профессиональной компетентности будущего учителя по формированию функциональной грамотности учащихся основной школы при интегрированном обучении математики и физики. Развитие профессиональной компетентности будущего учителя математики по формированию функциональной грамотности учащихся включает: цели повышения профессиональной компетентности учителя; образовательную программу обучения; комплекс организационно-педагогических условий; систему оперативного управления процессом повышения профессиональной компетентности будущего учителя; уровни проявления профессиональной компетентности учителя в педагогической деятельности (критический, допустимый, оптимальный), отражающие степень его владения умениями проектировать и организовывать образовательный процесс с учетом формирования технологического, коммуникативного и личностного компонентов функциональной грамотности учащихся. Для решения данной проблемы нужно разработать и апробировать технологию развития профессиональной компетентности учителя по формированию функциональной грамотности учащихся при интегрированном обучении математики и физики.

Ключевые слова: функциональная грамотность, педагогические средства, технология, интегрированное обучение, профессиональная компетентность.

The modern period of development of our republic clearly marked new priorities in the field of school education, corresponding to world trends. The "Concept of the development of education for the period until 2019" indicates that the developing society needs modern educated, morally educated, enterprising people who can independently make responsible decisions in the situation of choice, predicting their possible consequences, capable of cooperation, mobility, dynamism, constructiveness, possessing a developed sense of responsibility for the destiny, their country [1].

At the present stage, there is a need for a qualitative training of a teacher, which allows combining fundamental professional knowledge and creativity in a practice-oriented research approach to resolve specific educational problems.

The general education school provides students with the necessary baggage of knowledge (as evidenced by the results of various studies), but does not always form the ability to go beyond the usual learning situations. The results of the PISA study show that high school graduates are mostly unprepared for the free use of knowledge and skills obtained in the school in everyday life. Because it , the problem of improving the quality of school education, the solution of which depends on the professional competence of teaching staff, remains urgent.

An analysis of the literature [2,3,4,5] on the research problem showed that in general pedagogy general principles for the development of the teacher's professional competence are disclosed, general approaches to the formation of functional literacy of students have been developed, but in special studies on the development of the teacher's professional competence, the problem of the formation of functional literacy of schoolchildren is practically not represented and needs further study. The content of professional competence of currently working teachers did not include functional literacy, as it did not appear in the final results of general secondary education. Now the draft state educational standard of this generation includes functional literacy in the evaluation of the final results. This problem becomes urgent.

Preparation of the future teacher in the formation of functional literacy of students in the main school, which ensures the implementation of the pedagogical process that initiates and forms the functional literacy of the student, is one of the main tasks at the present stage of the development of education.

The difficulties associated with the organization and content of the process of formation of functional literacy of students in general schools are due to the fact that [6]:

- the concept of functional literacy itself is not fully defined, changes in the understanding and content of the concept at the present stage of the development of education are not taken into account;

- as a result, functional literacy is not formed in school practice as an integral system, as a rule, general education institutions work on the formation of general educational skills and technological components, but

without reliance on subject experience of students, which does not contribute to the development of the personal qualities necessary for a modern student successful functioning and adaptation in society (personal component);

- no attention is paid to the formation of new components of the functional literacy of students: communicative, technological, environmental, economic, legal, etc .;

-the insufficient level of professional competence of many teachers is revealed, which remain adherents of the traditional approach to learning and, therefore, can not effectively solve the problem of the formation of functional literacy at the present stage. This study is due to the need to resolve the following contradictions:

- between the need for the development of functional literacy of students as a condition for their successful socialization and adaptation in society and the lack of readiness for teachers to solve this problem;

- between the urgent need to improve the professional competence of teachers in the development of functional literacy of students and the lack of development of this problem in pedagogical theory and practice.

The problem of the research lies in the answer to the question: what are the pedagogical means of developing the teacher's professional competence in developing the functional literacy of primary school students in the integrated teaching of mathematics and physics. The aim of the study is to solve this problem.

In accordance with the purpose of the research, the following tasks must be posed and solved successively:

1. To identify trends and prerequisites for the development of the teacher's professional competence in the formation of functional literacy of students.
2. Disclose the essence of the concept of "functional literacy of student
3. Theoretically, substantiate the content of the teacher's professional competence in the formation of functional literacy of students.
4. To develop and test the technology of development of the teacher's professional competence in the formation of functional literacy of students in the integrated teaching of mathematics and physics
5. Identify and justify the organizational and pedagogical conditions for the successful implementation of the content and technology of the teacher's professional competence in developing the functional literacy of students in the learning process.

The hypothesis of the research is based on the assumption that the effectiveness of the development of the teacher's professional competence in developing the functional literacy of primary school students is ensured and achieved if: to consider the functional literacy of students as the basic level of students' education, characterizing the degree of mastering the ways of working with information and allowing to solve real life problems , adapt to the outside world;

- include three component of a teach in the formation of functional literacy studies : cognitive, operational and technological and personal components, based on the functional literacy of the student;

- to realize the content of the teacher's professional competence in the formation of functional literacy of students in the process of improving their qualifications in the conditions of methodical work;

to develop, justify and test an interactive technology for the development of the teacher's professional competence in the development of functional literacy of students;

- to identify the set of organizational and pedagogical conditions that ensure the development of the teacher's professional competence in the formation of functional literacy of students in the integrated teaching of mathematics and physics.

The methodological basis of the research is based on three levels (general philosophical, general theoretical, specific scientific).

We believe that the general philosophical level of research must be represented by theories about man as a social being and subject of activity, the development of personality and activity, about cognition as a socio-historical process, the active role of the individual in cognition and transformation of reality, the relationship between theory and practice in the process of cognition, on management as a socially significant process, the development of social systems and processes.

Further, the general theoretical level of research must be based on the theories of the humanistic orientation of education, philosophy and methodology of the system approach, the management of pedagogical and educational systems and the process of improving professional pedagogical competence, designing educational technologies, application-oriented approach, resource approach, competency approach, reflexive approach, technological approach, acmeological approach to the development of

education, on the conceptual the approaches of the cluster approach, on the theories of activating learning and developing learning, on the conceptual foundations of problem training.

And, the concrete scientific level of research needs to be provided by reliance on the theory of subject-personal professional development of the teacher, the patterns and features of the process of increasing the teacher's professional competence in the system of continuous pedagogical education, modern psychological and pedagogical concepts of the teacher's personality formation, the system approach in education and to the content competences, individual accompaniment of the teacher in the process of professional and personal development, the formation of functions second literacy of students in the educational process, the possibility of the implementation of the cluster approach in the education system, on Akmeological approach to professional-pedagogical activity.

To solve the problems and to test the hypothesis, it is possible to use such research methods as theoretical (analysis of philosophical, pshnologo-pedagogical and methodological literature, school practice, comparison, analysis and synthesis of the essential characteristics of concepts, abstraction, modeling, etc.); empirical (questioning, observation, interview, generalization of pedagogical experience, ascertaining and forming experiments, monitoring, documentation analysis); methods of qualitative and quantitative processing of experimental data (statistical methods, design of research results in the form of tables, diagrams, figures, diagrams, computer processing) [7].

We want to study and analyze domestic and foreign literature and school practice on the research problem, which made it possible to comprehend the initial scientific positions of the research, to outline the plan and methods of research, to define the conceptual apparatus; conducting ascertaining experiment; deepen the theoretical provisions of the study (defining the content and structure of the development of teachers' professional competence in the formation of functional literacy of students); organize experimental work, the purpose of which was to test the hypothesis of the study, identify conditions that ensure the success of its implementation; and at the end evaluate the effectiveness of the development of the teacher's professional competence but the formation of functional literacy of students in the integrated teaching of mathematics and physics; analysis, systematization and generalization of research results; analytical processing of data, design of research materials.

We believe that the scientific novelty of our research is as follows: to reveal the current trends and prerequisites for the development of the teacher's professional competence in the formation of functional literacy of students in the integrated teaching of mathematics and physics;

- to determine and substantiate the essence, content, structural and functional components of the teacher's professional competence in the formation of functional literacy of students;

to substantiate the totality of the leading professional competences of the teacher in the formation of functional literacy of students, including subject-methodological, psychological-pedagogical, communicative, technological competence and competence in the management of the "teacher-student" educational system;

- Develop and test an interactive technology for the development of the teacher's professional competence in the formation of functional literacy of students in the integrated teaching of mathematics and physics, including the stages of goal-setting, planning, forecasting, implementation, correction, reflection;

- to develop and approve a program for the development of the teacher's professional competence in the formation of functional literacy of schoolchildren in the integrated teaching of mathematics and physics as a resource for realizing the educational function of the future teacher.

The theoretical significance of the research lies in the fact that quality of educstionshoul be completed with modern knowledge:

- On the functional literacy of students, which is considered as a basic level of education of students, characterized by the necessary and sufficient level of mastering them key competencies in implementing the main function of students - the teachings that allow solving life problems, successfully adapt in a changing external world and realize themselves in various forms activities;

- on the content and structure of the process of development of the teacher's professional competence in the formation of functional literacy of students in the integrated teaching of mathematics and physics.

The practical importance of the research is the developed system of development of the teacher's professional competence in the formation of functional literacy of students in the integrated teaching of mathematics and physics can be successfully used in the practice of improving the skills and training of specialists in secondary education; research materials can be used to develop the content of educational programs for the professional development of teachers; the use of cluster technology ensures the formation

of the teacher's readiness for the implementation of his professional activities in the conditions of pedagogical partnership, the set of criteria for assessing the teacher's professional competence in the formation of functional literacy of students ensures the development of school monitoring and, as part of it, enriches control by specific content.

Reliability and competency of the obtained research results should be ensured: adequacy of research methods to its goals and objectives; the reasoning of theoretical positions, which are the basis for the development of the research methodology; the correct conduct of the pedagogical experiment; sufficient methodological and scientific basis; complex nature of the processing of research materials.

Development of the teacher's professional competence in the formation of functional literacy of students includes [8,9,10]: the objectives of increasing the professional competence of the teacher; training program; complex of organizational and pedagogical conditions; system of operational management of the process of enhancing the professional competence of the teacher; the levels of the teacher's professional competence in pedagogical activity (critical, acceptable, optimal) reflecting the degree of his mastery of the skills to design and organize the educational process, taking into account the formation of technological, communicative and personal components of the functional literacy of students.

In conclusion, it can be noted that the development of the student's personality in the educational process is associated with the results of education, with the formation of his functional literacy, where a key role is played by key competencies, especially competence in working with information to solve life problems.

References

1 Қазақстан Республикасында білім беруді және ғылымды дамытудың 2016-2019 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасы: Жарлық № 205 01.03.2016. - Астана, 2016. - 70 б. //http:akorda.kz.

2 Абульханова-Славская К.А. Деятельность и психология личности. М.,1989.

3 Андреева Г.М., Леонтьев А.Н. Личность, сознание, деятельность // Мир психологии. 1999. - №1. - 65 с.

4 Бабанский Ю.К. Методы обучения в современной общеобразовательной школе. - М.: Просвещение, 1988. 164 с.

5 Беспалько В.П. Педагогика и прогрессивные технологии обучения. М.: Изд-во Ин-та проф. обр. М-ва образования России, 1995. — 450 с.

6 Ермоленко В.А. Функциональная грамотность в современном контексте. М:: ИТОП РАО, 2002. - 119 с.

7 Новые педагогические и информационные технологии в системе образования // Под ред. Е.С. Полат. М.: Издательский центр «Академия», 2005. - 272 с.

8 Назарова Н.А. Развитие функциональной грамотности студентов педагогического вуза в условиях гуманитаризации образовательного процесса: Автореф. дис. канд. наук. – Омск, 2007. -24 с.

9 Караев Ж.А., Баймуханов Б., Ахмедова Р.Б. Профессиональная компетентность учителя по формированию функциональной грамотности учащихся. –Алматы, 2013.-204 с.

10 Бахарева Е.В. Развитие профессиональной компетентности учителя по формированию функциональной грамотности учащихся основной школы. Дис. канд. пед. наук. – Москва, 2009. -198 с.

УДК 519.62/.64
ГРНТИ 27.41.19

Л.Н. Темирбекова[1]

[1]*PhD, старший преподаватель, Казахский национальный университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан*

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД ПРИБЛИЖЕННОГО РЕШЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ФРЕДГОЛЬМА ПЕРВОГО РОДА

Аннотация

В работе представлен численный метод для обработки большого количества данных при выявлении аномалий распределения химических элементов на полиметаллических месторождениях. Математически задача сводится к решению интегрального уравнения Фредгольма 1-ого рода для большого количества различных правых частей, при этом ядро остается одним и тем же. Алгоритм состоит из двух этапов: на первом этапе решается ряд задач, для которого не требуется знания правой части, на втором этапе ранее полученные данные используются для поиска решений интегрального уравнения для различных правых частей. Такой подход позволяет обрабатывать данные “в поле” и определять перспективы установленных аномальных площадей,

выделять участки первой очереди для проведения геолого-разведочных работ. Алгоритм будет апробирован на модельных и реальных данных.

Ключевые слова: интегральные уравнения, уравнение Фредгольма первого рода, численный метод, химические элементы, поле, геолого-разведочные работы.

Аңдатпа

Л.Н. Темірбекова[1]

БІРІНШІ РЕТТІК ФРЕДГОЛЬМ ИНТЕГРАЛДЫҚ ТЕҢДЕУІН ЖУЫҚТАП ШЕШЕТІН МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН ӘДІС

[1]*PhD, аға оқытушы, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университет, Алматы қ., Қазақстан*

Жұмыста полиметалдық шөгінділердегі химиялық элементтерді бөлу кезінде ауытқулардың анықталуында көптеген деректерді өңдеудің сандық әдісі көрсетілген. Математикалық тұрғыдан алғанда, мәселе Фредгольмдік интегралдық теңдеуді көптеген оң жақ бөліктерінде шешу үшін төмендейді, ал ядро сол қалпында қалады. Алгоритм екі кезеңнен тұрады: бірінші кезеңде дұрыс бөлікке білім қажет емес, екінші кезеңде бұрын алынған мәліметтер түрлі оң жаққа арналған интегралдық теңдеудің шешімдерін іздестіру үшін пайдаланылады. Бұл тәсіл сізге «өріс» деректерін өңдеуге және белгіленген ненормальды аймақтардың перспективаларын анықтауға, геологиялық барлаудың бірінші кезеңін бөлуге мүмкіндік береді. Алгоритм модель және нақты деректер бойынша сыналады.

Түйін сөздер: интегралдық теңдеулер, бірінші түрдегі Фредгольм теңдеуі, сандық әдіс, химиялық элементтер, өріс, геологиялық барлау.

Abstract

MODIFIED METHOD FOR APPROXIMATE SOLUTION OF THE FREDHOLM INTEGRAL EQUATION OF THE FIRST KIND

L.N.Temirbekova[1]

[1]*PhD, senior teacher, Abai Kazakh national pedagogical university, Almaty, Kazakhstan*

In this paper considered a numerical method for processing a big amount of data in the detection of anomalies in the distribution of chemical elements in polymetallic deposits. Mathematically, the problem reduces to solving the first kind Fredholm integral equation for a big number of different right-hand sides, while the kernel remains the same. The algorithm consists of two stages: at the first stage a number of problems are solved, for which knowledge of the right part is not required, in the second stage the previously obtained data are used to search for solutions of the integral equation for various right-hand sides. This approach allows you to process data "in the field" and determine the prospects of established abnormal areas, allocate the first phase for geological exploration. The algorithm will be tested on model and real data.

Key words: integral equations, Fredholm equation of the first kind, numerical method, chemical elements, field, geological exploration.

Задача решения интегрального уравнения Фредгольма первого рода

$$Qu = \int_a^b K(x,s)u(s)ds = f(x), \quad x \in [a,b] \tag{1}$$

относиться к классу некорректных задач [1]. Предположим, что $K(x,s)$ и $f(x)$ непрерывны. Тогда существует полная ортонормированная система собственных функций φ_n оператора Q

$$Q\varphi_n = \int_a^b K(x,s)\varphi_n(s)ds = \lambda_n\varphi_n(x), \tag{2}$$

$$(\varphi_i, \varphi_j) = \int_a^b \varphi_i(s)\varphi_j(s)ds = \delta_i^j,$$

где δ_i^j - символ Кронекера.

При этом хорошо известно, что

$$K(x,s) = \sum_{n=1}^{\infty} \lambda_n\varphi_n(x)\varphi_n(s). \tag{3}$$

Для исследования сходимости рядов вида (3) вводится следующая норма

$$\| G(x,s) \| = \sqrt{\int_a^b \int_a^b | G(x,s) |^2 \, dxds} \,. \tag{4}$$

Из (3) и (4) имеем, что

$$\| K \|^2 = \sum_{n=1}^{\infty} | \lambda_n |^2 \,. \tag{5}$$

Из необходимого условия сходимости числового ряда имеем $\lambda_n \to 0$ при $n \to \infty$. Задача (1) может иметь решение только в том случае, когда правую часть $f(x)$ можно разложить с помощью полной системы собственных функций $\varphi_n(x)$ в виде

$$f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} f_n \varphi_n(x) \,.$$

Если $\| f \| = \sqrt{\int_a^b | f(x) |^2 \, dx} < \infty$, то $f(x)$ разлагается в ряд Фурье

$$f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} f_n \varphi_n(x), \quad f_n = (f, \varphi_n), \quad \sum_{n=1}^{\infty} f_n^2 = \| f \|^2 \,.$$

Здесь и далее сходимость рядов понимается в смысле нормы пространства L_2.

При изучении многих прикладных задач описываемых уравнением Фредгольма первого рода имеем дело с возмущенными правыми частями. Можно заменить исходную задачу некоторой «близкой» задачей применив метод регуляризации по Тихонову. При доказательстве теоремы сходимости используется разложение решения интегрального уравнения Фредгольма первого рода в виде ряда. Поэтому в данной статье предлагается модифицированный метод приближенного решения, суть которого заключается в том, что преобразованием сопряженного уравнения Фредгольма первого рода в правой части которого собственные функции рассматриваемого оператора получается выражение для коэффициентов Фурье чтобы сделать какие-то действия с задачей, получить некие выражения, а потом подставлять туда различные правые части и получать решения уравнения (1).

Рассмотрим сопряженное к (1) уравнение

$$\int_a^b K(s,x) \upsilon_k(s) ds = \varphi_k(x), \quad x \in [a,b]. \tag{6}$$

Здесь $\varphi_k(x)$ собственные функции, k - номер, $\upsilon_k(x)$ - решение сопряженного уравнения (6), зависящее от номера k. Умножим (1) на $\varphi_k(x)$ и проинтегрируем по x

$$\int_a^b \upsilon_k(x) \int_a^b K(x,s) u(s) ds dx = \int_a^b \upsilon_k(x) f(x) dx,$$

Меняем порядок интегрирования в левой части, и с учетом (6) получим

$$\int_a^b \left(\int_a^b \upsilon_k(x) K(x,s) dx \right) u(s) ds = \int_a^b u(s) \varphi_k(s) ds$$

Таким образом

$$\int_a^b u(s) \varphi_k(s) ds = \int_a^b \upsilon_k(x) f(x) dx \,. \tag{7}$$

Если $\varphi_k(x)$ - базисные функции на отрезке $[a,b]$, то первый интеграл в (7) – это k-ый коэффициент Фурье в разложении $u(x)$ в ряд Фурье, т.е.

$$u_k = \int_a^b \upsilon_k(x) f(x) dx \tag{8}$$

Таким образом, если решены задачи (6) в которых все известно и можно решить заранее, следовательно имеем $\upsilon_k(x), \quad (k = \overline{1,N}, \quad N$ - это номер на котором будет оборван ряд Фурье, выбор зависит от ошибки в реальных данных), то можно легко вычислить коэффициенты u_k по формуле (8) и получить решение $u(x)$ в виде

$$u(x) = \sum_{k=1}^{N} u_k \varphi_k(x). \tag{9}$$

Необходимо обратить внимание на то, что решение интегрального уравнения вынесено за процесс обработки реальных данных, когда нужно находить $u(x)$ для различных $f(x)$.

С другой стороны, процесс обработки реальных данных сводиться сводится для различных $f(x)$ к двум действиям: к интегрированию и суммированию. А эти действия простые и весьма технологичные, т.е. процесс обработки данных для многих $f(x)$ может быть быстрым и технологичным.

Предлагаемый алгоритм решения задачи (1) разбивается на два этапа:

1) решение уравнений (6) выполняется заранее до обработки реальных данных;
2) вычисление коэффициентов Фурье (8) и суммирование (9).

Численная реализация и сравнительный анализ результатов. Для получения фундаментальных знаний о закономерностях пространственного распределения химических элементов на полиметаллических месторождениях Казахстана на основе высокоточных аналитических исследовании с параллельным использованием математических методов прогноза с обработкой новейшими программными продуктами был апробирован предлагаемый в данной работе приближенный метод. Для исследований была выбрана одна из выделенных аномалий [5].

Рассмотрим модельную задачу для оценивания аномалии интегральным уравнением Фредгольма первого рода с ядром Пуассона

$$Qu = \int_a^b K(x,s)u(s)ds = f(x), \quad x \in [a,b] \tag{10}$$

$$u(a) = u(b) = 0 \tag{11}$$

где $K(x,s) = \dfrac{1}{x^2 + s^2}$.

Для проведения численных расчетов положим

$$f(x) = \frac{1}{b-a} \ln \frac{x^2 + b^2}{x^2 + a^2} - \frac{b+a}{b-a} \frac{1}{x} \left(arctg \frac{b}{x} - arctg \frac{a}{x} \right),$$
$$\varphi_k(x) = \sin \frac{\pi k (2x - (b+a))}{b-a}. \tag{12}$$

Для численной реализации проведем дискретизацию интегральных уравнений (6) и (10). Запись уравнения (10) методом регуляризации имеет вид

$$\mu u(x) + \int_a^b K(x,s)u(s)ds = f(x),$$

$$\mu u(x_i) + \sum_{j=1}^{M} K(x_i, s_j)u(s_j)h = f(x_i), \quad i = 1,2,...,M,$$

$$x_i = a + (i-1)h, \quad s_j = a + (j-1)h, \quad h = \frac{b-a}{M}, \quad i, j = 1,2,...,M.$$

В операторном виде уравнение (10) имеет вид

$Au = f$,

где матрица A, вектор неизвестных u и правая часть записываются следующим образом

$$A=\begin{pmatrix} \mu+K(x_1,s_1)h & K(x_1,s_2)h & ... & K(x_1,s_M)h \\ K(x_2,s_1)h & \mu+K(x_2,s_2)h & ... & K(x_2,s_M)h \\ ..... & ..... & ..... & ..... \\ K(x_{M-1},s_1)h & K(x_{M-1},s_2)h & ... & K(x_{M-1},s_M)h \\ K(x_M,s_1)h & K(x_M,s_2)h & ... & \mu+K(x_M,s_M)h \end{pmatrix}$$

$f=(f(x_1),f(x_2),...,f(x_M))^T$,

$u=(u(x_1),u(x_2),...,u(x_M))^T$.

Сопряженные уравнения вида (6) так же решаются методом регуляризации

$$\mu\upsilon_k(x_i)+\sum_{j=1}^{M}\frac{\upsilon_k(s_j)}{s_j^2+x_i^2}h=\varphi_k(x_i),\quad i=1,2,...,M, \tag{13}$$

$x_i=a+(i-1)h,\quad s_j=a+(j-1)h,\quad h=(b-a)/M$.

Уравнения (13) запишем в виде СЛАУ

$$A\omega_k=\psi_k,\quad k=1,2,... \tag{14}$$

где A - квадратная матрица

$$A=\begin{pmatrix} \mu+K(s_1,x_1)h & K(s_2,x_1)h & ... & K(s_M,x_1)h \\ K(s_1,x_2)h & \mu+K(s_2,x_2)h & ... & K(s_M,x_2)h \\ ..... & ..... & ..... & ..... \\ K(s_1,x_{M-1})h & K(s_2,x_{M-1})h & ... & K(s_M,x_{M-1})h \\ K(s_1,x_M)h & K(s_2,x_M)h & ... & K(s_M,x_M)h \end{pmatrix},$$

$\omega_k=(\upsilon_k(x_1),\upsilon_k(x_2),...,\upsilon_k(x_M))^T$,

$\psi_k=(\varphi_k(x_1),\varphi_k(x_2),...,\varphi_k(x_M))^T$.

Канонический вид итерационного процесса имеет вид

$$B\frac{\bar{\omega}_k^{n+1}-\bar{\omega}_k^n}{\tau}+A\bar{\omega}_k^n=\psi_k. \tag{15}$$

На основе предложенного модифицированного метода, приближенного решения интегрального уравнения Фредгольма первого рода был разработан алгоритм численной реализации и написан программный код. Так же для получения приближенного решения дополнительно использовалась нормировочное решение

$$u^T(a+h)=\frac{2(a+h)-(b+a)}{b-a}=-1+\frac{2h}{b-a},\quad u^P=u^P(a+h),\quad K=\frac{u^T(a+h)}{u^P(a+h)}.$$

Результаты расчетов для построенного примера показаны ввиде рисунков.

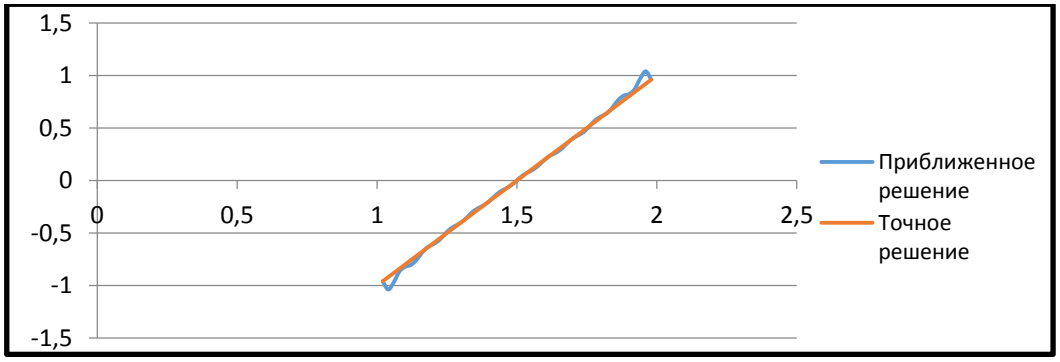


Рисунок 1. Точное и приближенное решение функции u *для* $M=60$

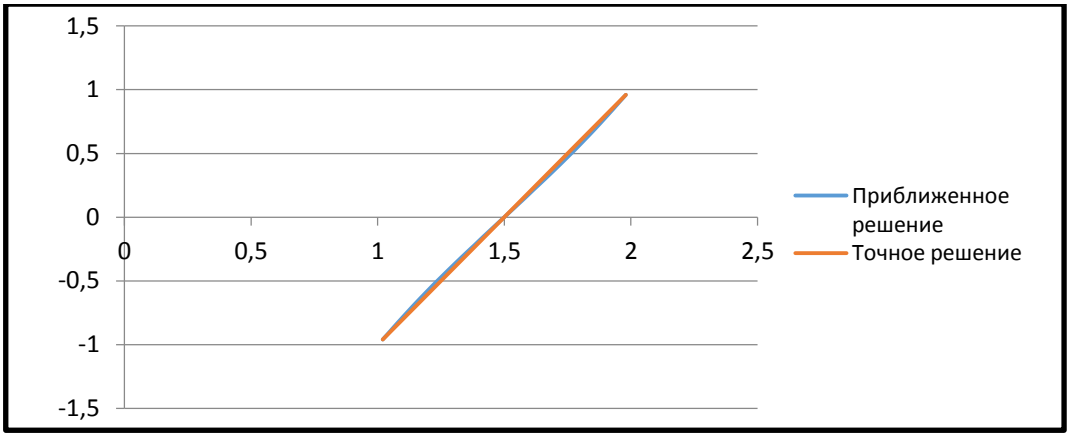


Рисунок 2. Приближенное решение функции u *для* $M = 1000$.

Список использованной литературы

1 *Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы.- 6-е изд.-М.:БИНОМ. 2008.-636 с.*

2 *Романов В.Г. Обратные задачи математической физики. – М.:Наука, 1984.*

3 *Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. –М.: Наука, 1986.*

4 *Karchevsky A.L. Reformulation of an inverse problem statement that reduce computational costs. Eurasian journal of mathematical and computer application. Volume 1. Issue 2(2013), 4-20 p.*

5 *Темирбекова Л.Н. Выявления аномалии естественных ассоциаций химических элементов проявленных в Рудноалтайском и Калбинском регионах // КазНПУ им.Абая Вестник серия «Физ.-мат. наук».-2013.-№1(41).-с.147-152.*

6 *Кабанихин С.И. Обратные и некорректные задачи. - Новосибирск: Сибирское научное издательство, 2009.- 457 с.*

УДК 517.968.7
ГРНТИ 27.33.19

Б.Х. Турметов[1], М.Д. Кошанова[2]

[1]д.ф.-м.н., профессор Международного казахско-турецкого университета им А. Ясави, г. Туркестан, Казахстан
[2]к.техн.н., доцент Международного казахско-турецкого университета им. А. Ясави, г. Туркестан, Казахстан

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ПОСТРОЕНИЯ РЕШЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ДРОБНОГО ПОРЯДКА

Аннотация

Известны отдельные классы линейных дифференциальных уравнений дробного порядка, интегрируемые в квадратурах. При нахождении явных решений таких уравнений применяются различные методы, а сами решения выражаются чаще всего в терминах специальных функций. Естественно, что появление новых специальных функций приводит к новым классам дифференциальных уравнений, интегрируемых в квадратурах. В этой статье предлагается новый метод построения решении интегро-дифференциальных уравнений типа Вольтерра. Будут построены частные решения однородного и неоднородного уравнения. Заметим, что данный метод основан на построении нормированных систем функций связанных с дифференциальными операторами дробного порядка. Суть этого метода заключается в построении ряда, членами которого являются соответствующие итерационные операторы, действующие на некоторые классы достаточно гладких функций.

Ключевые слова: дробная производная, явное решение, специальная функция, новый метод, функция Миттаг-Леффлера, однородное уравнение, неоднородное уравнение.

Аңдатпа

Б.Х. Турметов[1], М.Д. Кошанова[2]

БӨЛШЕК РЕТТІ СЫЗЫҚТЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕҢДЕУЛЕР ШЕШІМІН ҚҰРУДЫҢ БІР ӘДІСІ ТУРАЛЫ

[1]ф.-м.ғ.д., А.Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университетінің профессоры Түркістан қ., Қазақстан.
[2]техн.ғ.к., А.Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университетінің доценті, Түркістан қ., Қазақстан

Бөлшек ретті сызықты дифференциалдық теңдеулердің квадратурада интегралданатын кейбір кластары ғана белгілі. Осындай теңдеулердің айқын шешімдерін іздестіру кезінде әртүрлі әдістер қолданылады, ал шешімдердің өздері көбінесе арнайы функциялар арқылы өрнектеледі. Жаңа арнайы функциялардың пайда болуы табығы түрде квадратурада интегралданатын, дифференциалдық теңдеулердің жаңа класын алып келеді. Бұл мақалада Вольтерр типті интегро-дифференциалдық теңдеулердің шешімін құрудың жаңа әдісі ұсынылады. Біртекті және біртекті емес дифференциалдық теңдеулердің дербес шешімдері құрылады. Ұсынылған әдіс бөлшек ретті дифференциалдық операторлармен байланысты нормальданған функциялар жүйесін құруға негізделген. Бұл әдістің мағынасы жеткілікті тегіс функциялардың қандай да бір класындағы итерациялық операторларға сәйкес келетін мүшелері бар қатарларды құруға негізделген.

Түйін сөздер: бөлшек ретті туынды, айқын шешім, арнайы функциялар, жаңа әдіс, Миттаг-Леффлер функциясы, біртекті теңдеу, біртекті емес теңдеу.

Abstract

A METHOD FOR CONSTRUCTING SOLUTIONS OF LINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS OF FRACTIONAL ORDER

Turmetov B.Kh.[1], Koshanova M.D.[2]
[1]Dr.Sci.(Pyis.-Math) Professor of the Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkistan, Kazakhstan
[2]Cand.Sci.(Tehn.) Associate Professor of the Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkistan, Kazakhstan

Numerous individual classes of linear differential equations fractional order are known to be integrable in quadratures. Various methods are used for finding explicit solutions of such equations, and the solutions themselves are often expressed via special functions. Naturally, the appearance of new classes of special functions results in new classes of differential equations integrable in quadratures. In this paper, we propose a new method for constructing a solution of the integro - differential equations of Volterra type. The particular solutions of the homogeneous and of the inhomogeneous equation will be constructed Note that this method is based on construction of normalized systems functions with respect to the differential operator's fractional order.The essence of this method is to construct a series, whose members are the relevant iteration operators acting to some classes of suffciently smooth functions.

Key words: fractional derivative, explicit solution, special function, new method, Mittag-Leffler function, homogeneous equation, inhomogeneous equation.

1.Введение. Пусть $m-1<\alpha\le\gamma\le m, m=1,2,\ldots$. Рассмотрим оператор

$$D^{\alpha,\gamma}u(t)=I^{\gamma-\alpha}\frac{d^m}{dt^m}I^{m-\gamma}u(t), t>0,$$

где I^{δ} - оператор интегрирования порядка $\delta>0$ в смысле Римана-Лиувилля [1].

Оператор $D^{\alpha,\gamma}$ в случае $m=1$ был введен в работе [2] и обобщают известные операторы дробного дифференцирования. Например, при $\gamma=\alpha$ получаем $D^{\alpha,\alpha}={}_{RL}D^{\alpha}$ - оператор дифференцирования в смысле Римана-Лиувилля, а в случае $\gamma=m$, $D^{\alpha,m}={}_{C}D^{\alpha}$ - оператор дифференцирования в смысле Капуто [1]. В настоящей работе мы исследуем метод построения явного решения уравнения вида

$$D^{\alpha,\gamma}y(t)=\lambda t^{\beta}I^{\nu}y(t)+f(t), 0<t\le d<\infty, \quad (1)$$

где $\nu\ge 0, \lambda, \beta\in R, \lambda\ne 0.$

Пусть $C_{\delta}[0,d]=\left\{y(t):\exists\delta\in[0,1), t^{\delta}y(t)\in C[0,d]\right\}$.

Определение 1. Решением уравнения (1) назовем функцию $y(t)$ такую, что $\exists\delta\in[0,m-\alpha]$, $y(t)\in C_{\delta}[0,d]$, $I^{m-\gamma}y(t)\in C[0,d], D^{\alpha,\gamma}y(t)\in C(0,d)$ и $y(t)$ удовлетворяет уравнению (1) во всех точках $t\in(0,d)$.

Исследования по методу построения явного решения уравнения (1) в случае $\nu = 0,\ \gamma = \alpha$ былы проведены в работах [3,4]. Так в работе [8] в случае $\nu = 0,\ \gamma = \alpha$, на основе найденных в работе [3] формулах композиции оператора Римана-Лиувилля ${}_{RL}D^{\alpha}$ со специальной функцией типа Миттаг-Леффлера

$$E_{\alpha,m,l}(z) = \sum_{i=0}^{\infty} c_i z^i, c_0 = 1, c_i = \prod_{k=0}^{i-1} \frac{\Gamma\left[\alpha(km+l)+1\right]}{\Gamma\left[\alpha(km+l+1)+1\right]}, i \geq 1 \tag{2}$$

был предложен алгоритм построения решения уравнения (1) в случаях $f(t) = 0$ и $f(t)$ - квазиполином.

В настоящей работе предлагается новый метод построения явного решения интегро-дифференциальных уравнений дробного порядка. Отметим также, что данный метод был использован в работах [5 - 7] для построения решений некоторых линейных дифференциальных уравнений целого и дробного порядка.

2.Построение решений однородного уравнеия.

Приведем некоторые свойства операторов интегрирования и дифференцирования дробного порядка.

Для любого $\delta > 0$ справедливы следующие равенства [1]:

$$I^{\delta} t^s = \frac{\Gamma(s+1)}{\Gamma(s+1+\delta)} t^{s+\delta}, s > -1, \delta \geq 0, \tag{3}$$

если $m-1 < \delta \leq m, m = 1,2,...,$

$${}_{RL}D^{\delta} t^s = \frac{\Gamma(s+1)}{\Gamma(s+1-\delta)} t^{s-\delta}, s > \delta - 1, {}_{RL}D^{\delta} t^s = 0, s = \delta - 1, ..., \delta - m. \tag{4}$$

Пусть $m = 1,2,..., m-1 < \alpha \leq \gamma \leq m$. Из (3) и (4) вытекают следующие равенства:

$$D^{\alpha,\gamma} t^{s_j} = 0, s_j = \gamma - j, j = 1,2,...,m, \tag{5}$$

$$D^{\alpha,\gamma} t^s = \frac{\Gamma(s+1)}{\Gamma(s+1-\alpha)} t^{s-\alpha}, s > \gamma - 1. \tag{6}$$

Из равенств (5) и (6) вытекает следующее утверждение

Лемма 1. Пусть $m = 1,2,..., m-1 < \alpha \leq \gamma \leq m,\ f(t) = t^{\delta}, \delta \geq \gamma - m$. Тогда справедливо равенство $D^{\alpha,\gamma} I^{\alpha} f(t) = f(t)$.

Замечание 1. Из утверждении леммы 1 следует, что оператор I^{α} в линейном пространстве функций $X = \left\{ f(t) : f(t) = Ct^{\delta} : \delta \geq \gamma - m, C = const \right\}$ является правым обратным оператором к оператору $D^{\alpha,\gamma}$.

Далее, для действительных чисел $\alpha > 0, \nu \geq 0, \delta > 0, s \in R$ введем следующие коэффициенты

$$C_{\alpha,\nu}(\delta, s, i) = \prod_{k=0}^{i-1} \frac{\Gamma(\delta k + s + 1)}{\Gamma(\delta k + s + 1 + \nu)} \cdot \frac{\Gamma\left[\delta(k+1) + s + 1 - \alpha\right]}{\Gamma\left[\delta(k+1) + s + 1\right]}, i \geq 1, C_{\alpha,\nu}(\delta, s, 0) = 1, s \in R.$$

Будем считать, что $C_{\alpha,\nu}(\delta, s, i) \neq 0$. Очевидно, что $C_{\alpha,0}(\delta, s, i) = \prod_{k=0}^{i-1} \frac{\Gamma\left[\delta(k+1) + 1 + s - \alpha\right]}{\Gamma\left[\delta(k+1) + 1 + s\right])}$.

Пусть $s_j = \gamma - j, j = 1,2,...,m$ и $f_{0,s_j}(t) = t^{s_j}$.

Рассмотрим систему функции

$$f_{i,j}(t) = \left(I^{\alpha} \cdot \lambda t^{\beta} I^{\nu}\right)^i f_{0.s_j}(t), i = 1,2,.... \tag{7}$$

Найдем явный вид системы функций $f_{i,j}(t)$. В дальнейшем всюду будем считать $m = 1,2,..., m-1 < \alpha \leq \gamma \leq m, \nu \geq 0,\ \beta > -\{\alpha\} - \nu.$

Справедливо следующее утверждение.

Лемма 2. Для системы функции $f_{i,j}(t)$ из (7) справедливо следующее представление:

$$f_{i,j}(t) = \lambda^i C_{\alpha,\nu}\left(\alpha + \beta + \nu, s_j, i\right) t^{(\alpha+\beta+\nu)i+s_j}, i \geq 1, \tag{8}$$

Доказательство. В силу равенства (3) для $s_j=\gamma-j, j=1,2,...,m$ имеет место равенство $I^{\nu}t^{s_j}=\dfrac{\Gamma(s_j+1)}{\Gamma(s_j+1+\nu)}t^{s_j+\nu}$. Пусть $i=1$. По предположению $\beta>-\nu-\{\alpha\}$. Тогда в силу неравенства $s_j+\beta+\nu\geq\gamma-m+\beta+\nu=\{\gamma\}-1+\beta+\nu>\{\gamma\}-1-\{\alpha\}\geq-1$ и из свойства оператора I^{α} для функции $f_{1,j}(t)$ имеем

$$f_{1,j}(t)=\left(I^{\alpha}\lambda t^{\beta}I^{\nu}t^{s_j}\right)=\lambda\frac{\Gamma(s_j+1)}{\Gamma(s_j+1+\nu)}\frac{\Gamma(\beta+\nu+s_j+1)}{\Gamma(\alpha+\nu+\beta+s_j+1)}t^{s_j+\nu+\beta+\alpha}=\lambda C_{\alpha,\nu}(\alpha+\beta+\nu,s_j,1)t^{\alpha+\beta+\nu+s_j}.$$

Далее, пусть для некоторого натурального числа r верно равенство (8). Тогда для $r+1$ имеем

$$f_{r+1,j}(t)=\left(I^{\alpha}\cdot\lambda t^{\beta}I^{\nu}\right)^{r+1}t^{s_j}=\left(I^{\alpha}\cdot\lambda t^{\beta}I^{\nu}\right)\left(I^{\alpha}\cdot\lambda t^{\beta}I^{\nu}\right)^{r}t^{s_j}=I^{\alpha}\left[\lambda t^{\beta}I^{\nu}f_{r,j}(t)\right]=$$
$$=C_{\alpha,\nu}(\alpha+\beta+\nu,s_j,r)I^{\alpha}\left[\lambda t^{\beta}I^{\nu}t^{r(\alpha+\beta+\nu)+s_j}\right]=C_{\alpha,\nu}(\alpha+\beta+\nu,s_j,r+1)t^{r(\alpha+\beta+\nu)+\alpha+\beta+\nu+s_j}.$$

Таким образом, равенство (8) верно и для случая $r+1$. Заметим, что при выполнении условии $\beta>-\nu-\{\alpha\}$ для любого $r\geq1$ верны неравенства $r(\alpha+\beta+\nu)+s_j\geq r(m-1)+\{\gamma\}-\{\alpha\}-1>-1$. Поэтому в каждом шаге применение операторов I^{ν} и I^{α} законны. Очевидно, что при выполнении условии леммы для любого $i\geq1$ выполняется неравенство $C_{\alpha,\nu}(\alpha+\beta+\nu,s_j,i)\neq0$. Лемма доказана.

Рассмотрим функцию

$$u_j(z)=\sum_{i=0}^{\infty}C_{\alpha,\nu}(\alpha+\beta+\nu,s_j,i)z^i,. \tag{9}$$

где z – комплексное число.

Легко показать, что при $\nu=0$ имеет место равенство $C_{\alpha,0}(\alpha+\beta,\gamma-j,i)=c_i$, т.е эти коэффициенты совпадают с коэффициентами разложения функции (2), с индексами $m=1+\dfrac{\beta}{\alpha},\ell=1+\dfrac{\beta-j}{\alpha}$. В работе [4] показано, что для коэффициентов функции (2) справедлива асимптотическая оценка $\dfrac{c_i}{c_{i+1}}=(\alpha mi)^{\alpha}\to\infty(i\to\infty)$. Откуда следует, что функция (2) является целой. Далее, из асимптотической оценки $\dfrac{C_{\alpha,\nu}(\delta,\gamma-j,i)}{C_{\alpha,\nu}(\delta,\gamma-j,i+1)}=(\delta i)^{\nu+\alpha}\to\infty(i\to\infty)$, следует, что функции $u_j(z), j=1,2,...,m,$ также являются целыми функциями.

Лемма 3. Для системы функций $\left\{f_{i,j}(t)\right\}_{i=0}^{\infty}=\left\{\lambda^iC\left(\alpha+\beta+\nu,s_j,i\right)t^{(\alpha+\beta+\nu)i+s_j}\right\}_{i=0}^{\infty}$

при всех значениях $j=1,2,...,m$ в области $t>0$ справедливы следующие равенства:

$$D^{\alpha,\gamma}f_{0,j}(t)=0, \tag{10}$$

$$D^{\alpha,\gamma}f_{i,j}(t)=\lambda t^{\beta}I^{\nu}f_{i-1,j}(t), i\geq1. \tag{11}$$

Доказательство. Выполнение равенства (10) следует из (5). Пусть $i\geq1$. Применим к функции $f_{i,j}(t)$ оператор $D^{\alpha,\gamma}$. В силу равенства (6) следует

$$D^{\alpha,\gamma}f_{i,j}(t)=\lambda^iC\left(\alpha+\beta+\nu,s_j,i\right)\frac{\Gamma\left[(\alpha+\beta+\nu)i+s_j+1\right]}{\Gamma\left[(\alpha+\beta+\nu)i+s_j+1-\alpha\right]}t^{(\alpha+\beta+\nu)i+s_j-\alpha}.$$

Аналогично, силу равенства (3) и из представление коэффициентов $C\left(\alpha+\beta+\nu,s_j,i\right)$ следует

$$\lambda t^{\beta}I^{\nu}f_{i-1,j}(t)=\lambda^iC\left(\alpha+\beta,s_j,i\right)\cdot\frac{\Gamma\left[(\alpha+\beta+\nu)i+s_j+1\right]}{\Gamma\left[(\alpha+\beta+\nu)i+s_j+1-\alpha\right]}t^{(\alpha+\beta+\nu)i+s_j-\alpha}.$$

Следовательно, для всех $i\geq1$ верно равенство (11). Лемма доказана.

Теорема 1. Пусть $s_j = \gamma - j, j = 1,2,...,m.$ Тогда при всех значениях $j = 1,2,...,m$ функции

$$y_j(t) = \sum_{i=0}^{\infty} f_{i,j}(t) \equiv t^{s_j} \sum_{i=0}^{\infty} \lambda^i C_{\alpha,\nu}(\alpha+\beta+\nu, s_j, i) t^{(\alpha+\beta+\nu)i} \tag{12}$$

являются линейно независимыми решениями однородного уравнения (1). Причем, $y_j(t) \in C[0,d], j = 1,2,...,m-1, y_m(t) \in C_{m-\gamma}[0,d]$ и $D^{\alpha,\gamma} y_j(t) \in C(0,d), j = 1,2,...,m$. Так как

Доказательство. Пусть $u_j(t) = \sum_{i=0}^{\infty} \lambda^i C_{\alpha,\nu}(\alpha+\beta+\nu, s_j, i) t^{(\alpha+\beta+\nu)i}$. Так как функции (9) при всех значениях $j = 1,2,...,m$ являются целой, то очевидно $y_j(t) = t^{\alpha-j} u_j(t) \in C[0,d]$ при $j = 1,2,...,m-1$ и $y_m(t) = t^{\gamma-m} u_m(t) \in C_{m-\gamma}[0,d]$. Кроме того, для всех $j = 1,2,...,m$

$$D^{\alpha,\gamma} y_j(t) = t^{s_j-\alpha} \sum_{i=1}^{\infty} \lambda^i C_{\alpha,\nu}(\alpha+\beta+\nu, s_j, i) \frac{\Gamma\left[(\alpha+\beta+\nu)i + s_j + 1\right]}{\Gamma\left[(\alpha+\beta+\nu)i + s_j + 1 - \alpha\right]} t^{(\alpha+\beta+\nu)i}.$$

Для гамма функции справедливо асимптотическая оценка $\frac{\Gamma(z+a)}{\Gamma(z+b)} \approx z^{a-b}, z \to \infty$. Из этой оценки и из оценки (9) следует, что ряды $\sum_{i=0}^{\infty} D^{\alpha} f_{i,j}(t), \sum_{i=0}^{\infty} I^{\nu} f_{i,j}(t)$ равномерно сходятся в любой замкнутой области $[\varepsilon, d], 0 < \varepsilon < d$. Поэтому почленное применение операторов $D^{\alpha,\gamma}$ и I^{ν} к ряду (12) законно и $I^{\nu} y_j(t), D^{\alpha,\gamma} y_j(t) \in C(0,d), j = 1,2,...,m$.

Далее, применяя к функции $y_j(t)$ операторы $D^{\alpha,\gamma}$ и I^{ν} с учетом равенств (10) и (11) получаем,

$$D^{\alpha,\gamma} y_j(t) - \lambda t^{\beta} I^{\nu} y_j(t) = \sum_{i=0}^{\infty} D^{\alpha,\gamma} f_{i,j}(t) - \sum_{i=0}^{\infty} \lambda t^{\beta} I^{\nu} f_{i,j}(t) = \sum_{i=0}^{\infty} \lambda t^{\beta} I^{\nu} f_{i,j}(t) - \sum_{i=0}^{\infty} \lambda t^{\beta} I^{\nu} f_{i,j}(t) = 0$$

Тогда функции $y_j(t)$ из (2.12) являются решениями однородного уравнения (1). Теорема доказана.

Замечание 2. В случае $\nu = 0$ и $\gamma = \alpha$ функции $y_j(t)$ представляются в виде

$$y_j(t) = t^{\alpha-j} E_{\alpha, 1+\frac{\beta}{\alpha}, 1+\frac{\beta-j}{\alpha}}\left(\lambda t^{\alpha+\beta}\right), j = 1,2,...,m.$$

Данное представление совпадает с формулами (14) и (21) полученных в работе [3]).

4.Построение решение неоднородного уравнения.

Теперь переходим к построению решения неоднородного уравнения (1). Справедливо следующее утверждение [1].

Лемма 4. Пусть $f(t) \in C[0,d]$.Тогда $\forall \alpha > 0, I^{\alpha} f(t) \in C[0,d]$ и $I^{\alpha}[f](0) = 0$.

Лемма 5. Пусть $f(t) \in C[0,d], m = 1,2,...,m-1 < \alpha \le m$. Тогда для любого $t \in [0,d]$ справедливо равенство $D^{\alpha,\gamma} I^{\alpha} f(t) = f(t)$.

Доказательство. Если $f(t) \in C[0,d]$, то $I^{\alpha} f(t) \in C[0,d]$. Так как для любых $\alpha_1, \alpha_2 > 0$ имеет место равенство $I^{\alpha_1} I^{\alpha_2} = I^{\alpha_1+\alpha_2}$, то для любого $\alpha \le \gamma \le m$, имеем

$$D^{\gamma} I^{\alpha} f(t) = D^m I^{m-\gamma} I^{\alpha} f(t) = D^m I^{m-(\gamma-\alpha)} f(t) = D^{(\gamma-\alpha)} f(t).$$

Следовательно,

$$D^{\alpha,\gamma} I^{\alpha} f(t) = \frac{1}{\Gamma(\gamma-\alpha)} \frac{d}{dt}\left[\frac{(t-\tau)^{\gamma-\alpha}}{\gamma-\alpha} I^{1-(\gamma-\alpha)} f(\tau)\Big|_0^t + \int_0^t (t-\tau)^{\gamma-\alpha-1} I^{1-(\gamma-\alpha)} f(\tau) d\tau \right],$$

и $\lim_{t\to 0} I^{1-(\gamma-\alpha)} f(\tau) = 0$, то

$$D^{\alpha,\gamma}I^{\alpha}f(t)=\frac{d}{dt}\frac{1}{\Gamma(\gamma-\alpha)}\int_0^t(t-\tau)^{\gamma-\alpha-1}I^{1-(\gamma-\alpha)}f(\tau)d\tau=\frac{d}{dt}I^{\gamma-\alpha}I^{1-(\gamma-\alpha)}f=\frac{d}{dt}If(t)=f(t).$$

Лемма доказана.

Рассмотрим систему

$$f_i(t)=\left(I^{\alpha}\lambda t^{\beta}I^{\nu}\right)^i f_0(t)\equiv\lambda^i\left(I^{\alpha}t^{\beta}I^{\nu}\right)^i f_0(t),i=1,2,\ldots. \quad (13)$$

Лемма 6. Для системы функций (13) при всех значениях $j=1,2,\ldots,m$ справедливы следующие равенства:

$$D^{\alpha,\gamma}f_0(t)=f(t),D^{\alpha,\gamma}f_i(t)=\lambda t^{\beta}I^{\nu}f_{i-1}(t),i\geq 1,t>0. \quad (14)$$

Доказательство. Если $f(t)\in C[0,d]$, то $f_0(t)=I^{\alpha}f(t)\in C[0,d]$. Причем,

$$|f_0(t)|\leq\frac{\|f\|_{C[0,d]}}{\Gamma(\alpha+1)}t^{\alpha},\ \|f_0\|_{C[0,d]}\leq\frac{d^{\alpha}}{\Gamma(\alpha+1)}\|f\|_{C[0,d]}.$$

Пусть $M=\frac{\|f\|_{C[0,d]}}{\Gamma(\alpha+1)}$. Тогда $|f_0(t)|\leq Mt^{\alpha}$. Так как $|f_0(t)|\leq Mt^{\alpha}$, то $\left|\lambda\left(I^{\alpha}t^{\beta}I^{\nu}\right)f_0(t)\right|\leq M|\lambda|\left(I^{\alpha}t^{\beta}I^{\nu}\right)t^{\alpha}$. Отсюда, для любого $i\geq 1$ имеет место оценка $|f_i(t)|\leq M|\lambda|^i\left(I^{\alpha}t^{\beta}I^{\nu}\right)^i t^{\alpha}$. Далее, как и в случае доказательства равенства (8) можно показать, что для функции $\left(I^{\alpha}t^{\beta}I^{\nu}\right)^i t^{\alpha}$ имеет место представление $\left(I^{\alpha}t^{\beta}I^{\nu}\right)^i t^{\alpha}=C_{\alpha,\nu}(\alpha+\beta+\nu,\alpha,i)t^{(\alpha+\beta+\nu)i+\alpha}$. Тогда справедливо следующее неравенство $|f_i(t)|\leq M|\lambda|^i C_{\alpha,\nu}(\alpha+\beta+\nu,\alpha,i)t^{i(\alpha+\beta+\nu)+\alpha}$.

Следовательно, при каждом $i\geq 1$ имеет место включение $f_i(t)\in C[0,d]$ и справедливы оценки

$|f_i(t)|\leq M|\lambda|^i C_{\alpha,\nu}(\alpha+\beta+\nu,\alpha,i)t^{(\alpha+\beta+\nu)+\alpha}$, $\|f_i\|_{C[0,d]}\leq M|\lambda|^i C_{\alpha,\nu}(\alpha+\beta+\nu,\alpha,i)d^{(\alpha+\beta+\nu)+\alpha}$.

Кроме того,

$$D^{\alpha,\gamma}I^{\alpha}f(t)=f(t),\ D^{\alpha,\gamma}\left(I^{\alpha}\cdot\lambda t^{\beta}I^{\nu}\right)^i f_0(t)=D^{\alpha,\gamma}I^{\alpha}\cdot\lambda t^{\beta}\left(I^{\alpha}\cdot\lambda t^{\beta}I^{\nu}\right)^{i-1}f_0(t)=\lambda t^{\beta}I^{\nu}f_{i-1}(t),i\geq 1.$$

Итак, в классе функций $X=C[0,d]$ системы функций (13) удовлетворяют равенствам (14). Лемма доказана.

Из этой леммы вытекает следующее утверждение.

Теорема 2. Пусть $f(t)\in C[0,d]$ и функции $f_i(t),i\geq 0$ определяются равенством (13). Тогда функция $y_f(x)=\sum_{i=0}^{\infty}f_i(t)$ является частным решением неоднородного уравнения (1) из класса $C[0,d]$.

Теперь исследуем представление функции (13) для некоторых частных случаев функции $f(t)$.

Лемма 7. Пусть $f(t)=t^{\mu},\mu>-1$.Тогда частное решение уравнения (1) имеет вид

$$y_f(t)=\frac{\Gamma(\mu+1)t^{\alpha+\mu}}{\Gamma(\mu+1+\alpha)}\sum_{k=0}^{\infty}\lambda^k C_{\alpha,\nu}(\alpha+\beta+\nu,\mu+\alpha,k)t^{k(\alpha+\beta+\nu)}$$

Доказательство. Пусть $f(t)=t^{\mu},\mu>-1$. Так как $f_0(t)=I^{\alpha}t^{\mu}=\frac{\Gamma(\mu+1)}{\Gamma(\mu+1+\alpha)}t^{\mu+\alpha+\nu}$, то как и в случае доказательства равенства (8) получаем

$$f_k(t)=\left(I^{\alpha}\cdot\lambda t^{\beta}I^{\nu}\right)^k\frac{\Gamma(\mu+1)}{\Gamma(\mu+1+\alpha)}t^{\mu+\alpha}=\lambda^k C_{\alpha,\nu}(\alpha+\beta+\nu,\mu+\alpha,k)t^{k(\alpha+\beta+\nu)+\mu+\alpha}.$$

Лемма доказана.

Из этой леммы вытекает следующее утверждение.

Теорема 3. Пусть $f(t)=\sum_{j=1}^{p}\lambda_j t^{\mu_j}$, $\mu_j>-1$. Тогда частное решение уравнения (1) имеет вид

$$y_f(t)=\sum_{j=1}^{p}\frac{\lambda_j\Gamma(\mu_j+1)t^{\alpha+\mu_j}}{\Gamma(\mu_j+1+\alpha)}\sum_{k=0}^{\infty}\lambda^k C_{\alpha,\nu}(\alpha+\beta+\nu,\mu_j+\alpha,k)t^{k(\alpha+\beta+\nu)}\ . \qquad (14)$$

В случае $\nu=0,\gamma=\alpha$ представление (14) частного решения уравнения (1) совпадает формулой (27) работы [3].

Работа выполнено при поддержке грантового финансирования КН МОН РК, грант № AP05133873.

Список использованной литературы

1 Kilbas A.A. Theory and Applications of Fractional Differential Equations / A.A.Kilbas, H.M.Srivastava, J.J.Trujillo. North-Holland. Mathematics studies, 2006. – 539 p.

2 Furati K. M., Iyiola O. S., Kirane M. An inverse problem for a generalized fractional diffusion // Applied Mathematics and Computation. – 2014. – V. 249. – C. 24 - 31.

3 Килбас А.А., Сайго М. Решение в замкнутой форме одного класса линейных дифференциальных уравнений дробного порядка // Дифференциальные уравнения. – 1997. – Т. 33. № 2. – С. 195-204.

4 Kilbas A.A., Saigo M. On Mittag-Leffler type function, fractional calculus operators and solutions of integral equations // Integral Transform. Spec. Funct. – 1996. № 4. – P. 355-370.

5 Ashurov R., Cabada A., Turmetov B. Operator method for construction of solutions of linear fractional differential equations with constant coefficients // Fractional Calculus and Applied Analysis. – 2016. – V.19. № 1. – P. 299 – 318.

6 Shinaliyev K.M., Turmetov B.Kh.,Umarov S.R. A fractional operator algorithm method for construction of solutions of fractional order differential equations. Fractional Calculus and Applied Analysis. – 2012. – V.15. № 2. – P. 267-281.

7 Turmetov B.Kh. On certain operator method for solving differential equations // Filomat . -2017. V. 31. № 13. – P. 4275-4286.

УДК 517.91/.93
ГРНТИ 27.29

З.С. Утемаганбетов[1], Б.Т. Кулжагарова[2], Х.С. Рамазанова[3], Г.Р. Кощанова[4]

[1] к.ф.-м.н., доцент , Каспийский государственный университет технологии и инжиниринга имени Ш.Есенова, г.Актау, Казахстан
[2] к.ф.-м.н., ассоцированный профессор , Каспийский государственный университет технологии и инжиниринга имени Ш.Есенова, г.Актау, Казахстан
[3] к.п.н., ассоцированный профессор, Каспийский государственный университет технологии и инжиниринга имени Ш.Есенова, г.Актау, Казахстан
[4] PhD, Каспийский государственный университет технологии и инжиниринга имени Ш.Есенова, г.Актау, Казахстан

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ И РАСШИРЕННЫЙ ВАРИАНТ МЕТОДА ПРОГОНКИ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ 2-ОЙ И 3-ЕЙ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Аннотация

В данной статье получены рекуррентные формулы аналогичных формулам классический прогонки (в англоязычной литературе алгоритм Томаса), для численного решения 2-ой и 3-ей краевых задач дифференциальных уравнений второго порядка, когда широко применяемый метод прогонки может привести к неутешительным результатам. В частности, рассмотрены случаи, являющиеся особенно важным: прогоночные формулы, когда коэффициент уравнения (имеет отрицательный знак или является знакопеременным) и граничные условия не удовлетворяет условиям вычислительной устойчивости широко применяемого метода прогонки. В результате предложен новый алгоритм, который является альтернативой методу прогонки для численного решения линейных дифференциальных уравнений второго порядка с закрепленными краевыми условиями. Полученные формулы могут быть применены для численного решения исходной краевой задачи с разрывными коэффициентами. Алгоритм опробован на специально подобранных численных примерах, отражающие характерные особенности рассматриваемых краевых задач.

Ключевые слова: метод прогонки, дифференциальное уравнение, устойчивость, краевые задачи.

Аңдатпа

З.С. Утемаганбетов[1], Б.Т. Кулжагарова[2], Х.С. Рамазанова[3], Г.Р. Кощанова[4]

ЕКІНШІ РЕТТІ СЫЗЫҚТЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕҢДЕУЛЕРДІҢ 1-ШІ ШЕКАРАЛЫҚ ЕСЕБІН САНДЫҚ ШЕШУДІҢ ҚУМА ӘДІСІНІҢ АЛЬТЕРНАТИВТІ ЖӘНЕ КЕҢЕЙТІЛГЕН НҰСҚАСЫ

[1] ф.-м.ғ.к., доцент, Ш. Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг

университеті, Ақтау қ., Қазақстан
[2] ф.-м.ғ.к., қауым.профессор, Ш. Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университеті, Ақтау қ., Қазақстан
[3] п.ғ.к., қауым.профессор, Ш. Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университеті, Ақтау қ., Қазақстан
[4] PhD, Ш. Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университеті, Ақтау қ., Қазақстан

Бұл мақалада кең қолданыстағы қуалау әдісі қанағатанғысыз нәтижелер берген кезде екінші ретті дифференциалдық теңдеудің 2-ші және 3-ші шекаралық есептерін сандық шешудің классикалық қуалау (ағылшын әдебиетінде Томас алгоритмі) формуласына ұқсас рекурренттік формулалары алынған. Дербес жағдайда, өте маңызды жағдайлар қарастырылады: теңдеу коэффициенті (теріс таңбалы немесе таңбасы ауыспалы) және шекаралық шарттар кең қолданыстағы қуалау әдісінің есептеу орнықтылық шарттарын қанағаттандырмайды. Нәтижесінде шекаралық шарттармен берілген екінші ретті сызықты дифференциалдық теңдеулерді сандық шешудің қуалау әдісіне альтернатив болатын жаңа алгоритм ұсынылды. Алынған формулалар үзілісті коэффициентті әуелгі шекаралық есептерді сандық шешуде қолданылуы мүмкін. Алгоритм қарастырылып отырған шекаралық есептердің сипаттамалық ерекшеліктерін көрсететін арнайы таңдалып алынған мысалдарға қолданылды.

Түйін сөздер: қуалау әдісі, дифференциалдық теңдеу, орнықтылық, шекаралық есептер.

Abstract

ALTERNATIVE AND EXTENDED OPTION OF THE METHOD OF PROTONING THE NUMERICAL SOLUTION OF THE 1-ST BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR LINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS OF THE SECOND ORDER

Utemagambetov Z.S.[1], Kulzhagarova B.T.[2], Ramazanova Kh.S.[3], Kochshanova G.R.[4]
[1,2] Cand.Sci (Phys-Math), Associate Professor, Yessenov Caspian State University of Technology and Engineering, Aktau, Kazakhstan
[3] Cand.Sci (Pedagogical), Associate Professor, Yessenov Caspian State University of Technology and Engineering, Aktau, Kazakhstan
[4] PhD, Yessenov Caspian State University of Technology and Engineering, Aktau, Kazakhstan

In this article is received recurrent formulas for classical sweeps analogous to formulas (Thomas's algorithm in the English-language literature), for the numerical solution of the second and third boundary-value problems of second-order differential equations, when the widely used method of sweeping can lead to disappointing results. In particular, cases are considered that are particularly important: sweep formulas, when the coefficient of equation (has a negative or is alternating sign) and the boundary conditions do not satisfy the conditions of computational stability of the widely used sweep method. As a result a new algorithm is proposed which is an alternative to the sweep method for the numerical solution of second-order linear differential equations with fixed boundary conditions. The obtained formulas can be applied to the numerical solution of the initial boundary-value problem with discontinuous coefficients. The algorithm is tested on specially selected numerical examples that reflect the characteristic features of the boundary value problems under consideration.

Key words: sweep method, differential equation, stability, boundary value problems.

Введение. Известно, что метод прогонки занимает важное место среди наиболее часто применяемых численных методов. Метод прогонки, предназначен для решения разностных уравнений, которые получаются при написании разностных соотношений для дифференциальных уравнений. Вычислительная устойчивость метода прогонки гарантируется при условии, когда имеет место свойство диагонального преобладания матрицы системы разностных уравнений. В свою очередь, для соответствующих дифференциальных уравнений это свойство означает, что коэффициент при искомом решении должен быть положительным. Методы прогонки при условии, когда вышеуказанное свойство устойчивости выполнено хорошо зарекомендовали себя как широко применяемое средство численного решения краевых задач дифференциальных уравнений второго порядка. К данному моменту существуют различие в оценках условий устойчивости метода прогонки (вплоть до решительной критики, ([1], стр. 586, 588, 590), но, тем не менее, этот класс методов в целом положительно принят и является одним из основных инструментов специалистов - вычислителей, о чем свидетельствует описание этих методов в учебниках. Несомненно, решающую роль сыграла более чем, 50-летняя практика применения методов прогонки к решению конкретных задач. К сожалению, строгого обоснования применимости методов этого класса желает оставлять

лучшего, так как в совокупности строгих результатов имеются существенный пробел. Например, в работе [2] (стр. 560-565) приводится подробный анализ формул прогонки и излагается о трудностях при замыкании вычислительного алгоритма, как следствие того, что формулы прямой прогонки в начальной точке ведут себя как обратная величина к шагу сетки.

Метод классической прогонки предназначен для решения конечно-разностных уравнений, матрицы которых имеет трехдиагональный вид. Но, если для таких матриц не выполнены условия диагонального преобладания, то обоснование вычислительной устойчивости метода прогонки не представляется возможным. Следовательно, применение классической прогонки для решения таких систем не совсем правомерно. Поэтому для таких случаев напрашивается применения метода «немонотонной прогонки», который является методом Гаусса с выбором главного элемента. Однако при попытке применить «немонотонную прогонку» может быть нарушен трёхдиагональность исходной матрицы, поэтому «немонотонную прогонку» не применяет для ленточных матриц ([3], стр.33). Анализ устойчивости счета при выборе ведущего элемента и возможность недопустимого роста некоторых коэффициентов необходимых для счета приведен в работе ([4], стр. 66).

Цель настоящей работы - получение рекуррентных формул аналогичных формулам прогонки, для численного решения краевой задачи дифференциальных уравнений второго порядка, когда метод прогонки может привести к неутешительным результатам. В частности, особенно важным является вопрос о наличии прогоночных формул, когда коэффициент при решении в уравнении (имеет отрицательный знак или является знакопеременным) и граничные условия не удовлетворяет условиям устойчивости широко применяемого метода прогонки.

Постановка задачи. Рассматривается дифференциальное уравнение второго порядка

$$\left(k(t)y'(t)\right)' - q(t)y(t) = f(t), \quad 0 \le t \le 1 \tag{1}$$

со следующими краевыми условиями

$$k(0)y'(0) - \alpha_0 y(0) = \beta_0 \tag{2}$$

$$k(1)y'(1) - \alpha_1 y(1) = \beta_1 \tag{3}$$

где $\alpha_0, \alpha_1, \beta_0, \beta_1$ - действительные числа, $\beta_0, \beta_1 \in \Re =]-\infty, +\infty[$. Будем считать, что коэффициенты уравнения $f(t), q(t)$ – непрерывны на отрезке $[0;1]$, коэффициент $k(t)$ непрерывно дифференцируем на $[0;1]$, и $k(t) \ge k_0 > 0.$

Для исследования вопросов численного решения данной краевой задачи разобьем отрезок $[0;1]$, на N частей, введением узловых точек $0 = t_0 < t_1 < \ldots < t_N = 1.$ Если обозначить через h расстояния между узлами (шаг сетки), то $h = \frac{1}{N}$, $t_n = \frac{n}{N}$, ($n = 0,2,\ldots,N$), где N - целое число отрезков разбиения (шаг сетки может быть и неравномерным). В дальнейшем будем обозначать через $y(t_n)$ значение точного решение краевой задачи (1)-(3) в точке t_n, а через y_n и y'_n - соответствующее приближенное решение и ее производную, построенное с помощью рассматриваемого численного метода. Также для удобства будем пользоваться обозначениями вида

$$k(t_n) = k_n, \quad \mu_n = \int_{t_{n-1}}^{t_n} q(t)dt, \quad \sigma_n = \int_{t_{n-1}}^{t_n} f(t)dt, \quad l_n = \int_{t_{n-1}}^{t_n} \frac{dt}{k(t)}, \qquad n = 1,2,\ldots N.$$

Необходимо получить рекуррентные прогоночные формулы численного решения краевой задачи (1)-(3) и исследовать их на предмет согласованности и устойчивости, и тем самым указать условия применимости полученных формул.

1. Рекуррентные формулы для численного решения краевой задачи (1)–(3), в случае когда $q(t) \ge 0$, $\alpha_0 > 0$.

Описание алгоритма

В случае когда $q(t) \ge 0$, $\alpha_0 > 0$, для численного решения краевой задачи (1)–(3) могут быть использованы следующие рекуррентные формулы:

Формулы прямого хода:

$$a_0 = \alpha_0, \qquad a_n = \frac{a_{n-1} + \mu_n}{1 + a_{n-1} l_n}, \tag{4}$$

$$\nu_0 = \beta_0, \qquad \nu_n = \frac{\nu_{n-1} + \sigma_n}{1 + a_{n-1} l_n} \tag{5}$$

для всех $n = 1,2,\ldots N$.

Формула обратного хода:

$$y_N = \frac{\beta_1 - \nu_N}{a_N - \alpha_1}, \qquad y_{n-1} = \left(1 - \frac{h a_n}{k_n (1 + a_n l_n)}\right) y_n - \frac{h \nu_n}{k_n (1 + a_n l_n)}, \tag{6}$$

для всех $n = N, N-1,\ldots 1.$, при условии, что $a_N \neq \alpha_1$.

Численный пример

1⁰. В качестве численного примера рассмотрим краевую задачу $y''(t) - 25y(t) = 0$, $0 \le t \le 1$, $y'(0) - y(0) = 1$, $y'(1) - y(1) = 1$. В условиях этого примера; $k(t) \equiv 1$, $q(t) \equiv 25$, $f(t) \equiv 0$ $\alpha_0 = \alpha_1 = \beta_0 = \beta_1 = 1$. При численном расчете с шагом $N = 100$, по формулам (4)-(6), абсолютная величина наибольшей погрешности равна $\delta = 0.003$.

2. Рекуррентные формулы для численного решения краевой задачи (1)–(3) в случае когда $q(t) \le 0$, $\alpha_0 < 0$.

Описание алгоритма

Организация прямого хода

Счет начнем по следующим формулам, которых назовем *формулами прямого хода для отрицательного «входа»*

$$b_n = \frac{b_{n-1} + l_n}{1 + b_{n-1}\mu_n}, \; b_0 = \frac{1}{\alpha_0}; \qquad d_n = \frac{d_{n-1} + b_{n-1}\sigma_n}{1 + b_{n-1}\mu_n}, \; d_0 = \frac{\beta_0}{\alpha_0}; \qquad n = 1,\ldots.\theta_1. \tag{7}$$

где θ_1,- такой номер, что для всех $n = 1,....\theta_1 - 1,$ значения $b_n \le 0,$ и $b_{\theta_1} > 0$. То есть, здесь тот номер n, для которого впервые становится, $b_{\theta_1} > 0$ обозначен θ_1 (если такого номера θ_1, не существует, то расчет по этим формулам будет вестись до правого конца отрезка).

Формулы (7) предназначены для отрицательного «входа», поэтому положим $a_{\vartheta_1} = \frac{1}{b_{\theta_1}} > 0$, $v_{\theta_1} = \frac{d_{\theta_1}}{b_{\vartheta_1}}$, и счет начнем по следующим формулам, которых назовем *формулами прямого хода для положительного «входа»*

$$a_n = \frac{a_{n-1} + \mu_n}{1 + a_{n-1} l_n}, \quad a_{\vartheta_1} = \frac{1}{b_{\theta_1}}; \qquad v_n = \frac{v_{n-1} + \sigma_n}{1 + a_{n-1} l_n}, \quad v_{\theta_1} = \frac{d_{\theta_1}}{b_{\vartheta_1}}; \qquad n = \theta_1 + 1,....\theta_2. \tag{8}$$

где θ_2,- такой номер шага, что для всех $n = \theta_1 + 1,....\theta_2 - 1.$ значения $a_n \ge 0, \quad a_{\theta_2} < 0$. Так как входное значение a_n, для формул (8) на номере θ_2 становится отрицательным, с помощью соотношений $b_{\theta_2} = \frac{1}{a_{\theta_2}}$, $d_{\theta_2} = \frac{v_{\theta_2}}{a_{\theta_2}}$ переходим к формулам (7).

То есть счет продолжим по формулам прямого хода для отрицательного «входа»

$$b_n = \frac{b_{n-1} + l_n}{1 + b_{n-1}\mu_n}, \; b_{\theta_2} = \frac{1}{a_{\theta_2}}; \quad d_n = \frac{d_{n-1} + b_{n-1}\sigma_n}{1 + b_{n-1}\mu_n}, \; d_{\theta_2} = \frac{v_{\theta_2}}{a_{\theta_2}}; \qquad n = \theta_2 + 1,....\theta_3.$$

где θ_3,- такой номер, что для всех $n = \theta_2 + 1,....\theta_3 - 1.$, значения $b_n \le 0,$ и $b_{\theta_3} > 0$ (если такого номера θ_3, не существует, то расчет по этим формулам будет вестись до правого конца отрезка). Далее, при необходимости вышеописанная процедура повторяется и в следующих возможных точках перехода. Таким образом, до завершения прямого хода могут быть осуществлены множества переходов, между формулами прямых ходов для отрицательного и положительного «входов». Количество таких переходов зависит от величины функции $q(t)$.

Если обозначим $\theta_0 = 1$ и θ_k - тот номер, на котором последний раз совершался переход из формул (7) к формулам (8) или наоборот, то множества индексов, представляющий собой «номера шагов перехода» можно обозначить через $\{\theta_1, \theta_2, ...\theta_k\}$. И соответственно, множество индексов от 1 до N, разбивается на подинтервалы; $[0, \theta_1]$, $[\theta_1 + 1, \theta_2]$, $[\theta_3 + 1, \theta_4]$,..... $[\theta_{k-2} + 1, \theta_{k-1}]$, $[\theta_{k-1} + 1, \theta_k]$, $[\theta_k + 1, N]$. В терминах введенных обозначений можно утверждать, что переход из (7) к (8) и обратно, осуществляется с помощью соотношений $a_{\theta_j} = \frac{1}{b_{\theta_j}}$, $v_{\theta_j} = \frac{d_{\theta_j}}{b_{\theta_j}}$, здесь θ_j - номер индекса, начиная с которого осуществляется указанный переход ($j = 1,2,...k.$), где j - номер перехода.

Итак, поочередное использование формул (7) и (8), прямого хода для отрицательного и для положительного «входов», позволяет вести расчет до правого конца рассматриваемого отрезка и тем самым завершить «прямой ход». При этом на последнем отрезке, где ведется прямой ход расчета, то есть на $[\theta_k + 1, N]$, возможны следующие два взаимоисключающих случая:

1) расчет ведется по формулам (7) прямого хода для отрицательного «входа».
2) расчет ведется по формулам (8) прямого хода для положительного «входа.

Организация обратного хода

В первом случае, положим $z_N = \dfrac{\beta_1 - \alpha_1 d_N}{1 - \alpha_1 b_N}$ (при условии, что $b_N \neq \dfrac{1}{\alpha_1}$) и начнем обратный расчет по следующим формулам, которых назовем **формулами обратного хода для отрицательного «входа»**

$$z_{n-1} = \frac{z_n + \mu_n d_{n-1} - \sigma_n}{1 + b_{n-1}\mu_n}, \quad y_{n-1} = b_{n-1} z_{n-1} - d_{n-1}; \quad n = N, N-1, \ldots \theta_k + 2, \ \theta_k + 1. \tag{9}$$

Далее, начиная с шага θ_k, продолжим счет, по следующей рекуррентной формуле которого удобно назвать *формулой обратного хода для положительного «входа».*

$$y_{n-1} = \left(1 - \frac{h a_n}{k_n (1 + a_n l_n)}\right) y_n - \frac{h v_n}{k_n (1 + a_n l_n)}; \qquad n = \theta_k, \ldots \theta_{k-1} + 2, \ \theta_{k-1} + 1. \tag{10}$$

Для продолжения расчета на множестве индексов $[\theta_{k-1}, \ \theta_{k-2} + 1]$, в обратном направлении, потребуется переход к формулам обратного хода для отрицательного «входа» (9). Последние два значения $y_{\theta_{k-1}+1}$ и $y_{\theta_{k-1}}$ рассчитанные по формуле (10), позволяет найти значение $z_{\theta_{k-1}}$ по формуле $z_{\theta_{k-1}} = \dfrac{y_{\theta_{k-1}+1} - y_{\theta_{k-1}}}{h k_{\theta_{k-1}}}$. Далее, для всех индексов от $n = \theta_{k-1}$, до $n = \theta_{k-2} + 1$, расчет ведется по формулам (9). На следующем интервале $[\theta_{k-2}, \theta_{k-3} + 1]$, расчет осуществляется справа налево по формулам (10). Таким образом, чередуя формулы обратного хода для отрицательного «входа» (9) и положительного «входа» (10), могут быть найдены все искомые значения y_n, $(n = N-1, \ldots 1.)$. При этом, где потребуется перейти из (10) к формулам (9), переход осуществляется по формуле $z_{\theta_j} = \dfrac{y_{\theta_j + 1} - y_{\theta_j}}{h k_{\theta_j}}$, где θ_j - номер индекса, начиная с которого осуществляется переход $(j = k, k-1, \ldots 0.)$, j - номер перехода.

Во втором случае, полагается, что $y_N = \dfrac{\beta_1 - v_N}{a_N - \alpha_1}$, (при условий $a_N \neq \alpha_1$) и расчет продолжается по формулам (10) то есть, по формулам обратного хода для положительного «входа» от индекса N, до индекса $\theta_k + 1$. На индексе θ_k, где необходимо перейти к (9), вычисляем значение по формуле; $z_{\theta_k} = \dfrac{y_{\theta_k + 1} - y_{\theta_k}}{h k_{\theta_k}}$, и расчет продолжится по формуле (9) для всех индексов интервала $[\theta_k, \theta_{k-1} + 1]$, справа налево. Далее, организуя данный численный процесс обратного хода совершенно аналогично предыдущему случаю, то есть, чередуя формулы обратных ходов для отрицательного» и положительного «входа», можно получить все интересующие значения y_{n-1}, $(n = N, N-1, \ldots 1.)$.

Из приведенных выше рассуждений следует, что **вышеописанный алгоритм является корректным, если выполнено условие** $b_N \neq \dfrac{1}{\alpha_1}$, при реализации первого из указанных возможных случаев. А условие $a_N \neq \alpha_1$, гарантирует корректность алгоритма при реализации второго из случаев на конце расчетного отрезка. Если эти условия не выполнены, то можно начать расчет с правого конца отрезка то есть организовывать процесс «встречной прогонки».

3. Рекуррентные формулы для численного решения краевой задачи (1) – (3), в случае когда $q(t) \le 0$, $\alpha_0 > 0$. В этом случае, расчет начинается по формулам (8) с начальными значениями $a_0 = \alpha_0$, $v_0 = \beta_0$ и далее процесс численного решения организуется аналогично предыдущему случаю, то есть когда $q(t) \le 0$, $\alpha_0 < 0$, который подробно было изложено выше.

Численные примеры

1⁰. В качестве численного примера рассмотрим краевую задачу $y''(t) + 81y(t) = 0,\ 0 \le t \le 1,$ $y'(0) + 10y(0) = 10,\ y'(1) - y(1) = 1$. В условиях этого примера; $k(t) \equiv 1,\ q(t) \equiv -81,\ f(t) \equiv 0$ $\alpha_0 = -10,\ \alpha_1 = 1\ \beta_0 = 10,\ \beta_1 = 1$. При численном расчете с шагом $N = 100$, по вышеуказанному алгоритму, абсолютная величина наибольшей погрешности равна $\delta = 0.436$. Такая низкая точность является следствием того, что в этом примере функция $q(t)$ и количество шагов N - величины одного порядка. Тем не менее, такая точность не противоречит гарантируемому первому порядку точности излагаемого метода. А при расчете с шагом $N = 1000$, та же самая погрешность равна $\delta = 0.058$.

2⁰. В качестве следующего численного примера рассмотрим краевую задачу $y''(t) + 81y(t) = 0,$ $0 \le t \le 1,\ y'(0) + 100y(0) = 10,\ y'(1) - y(1) = 1$. В условиях этого примера; $k(t) \equiv 1,\ q(t) \equiv -81,$ $f(t) \equiv 0\ \alpha_0 = 100,\ \alpha_1 = 1\ \beta_0 = 10,\ \beta_1 = 1..$ При численном расчете с шагом $N = 100$, по вышеуказанному алгоритму, абсолютная величина наибольшей погрешности равна $\delta = 0.085$. А при расчете с шагом $N = 1000$, та же самая погрешность равна $\delta = 0.021$.

4. Рекуррентные формулы для численного решения краевой задачи (1)–(3) в случае, когда $q(t)$ **является знакопеременной функцией.**

Так как, в рамках данного алгоритма происходит перенос краевых условии в выбранные узловые точки внутри рассматриваемого отрезка, поэтому на любой из узловых точек $t_k \in [0,1]$ могут быть реализованы следующие возможные сценарий:

1) $a_{k-1} \ge 0,\ q(t) \ge 0$. В этом случае, может быть применен алгоритм указанный в пункте (1). А также применимы формулы классической прогонки.

2) $a_{k-1} \le 0,\ q(t) \ge 0$. Тогда, если $|a_{k-1}| \le |\sqrt{q_k}|$, то начиная с – шага k счет ведется слева направо по формулам (8), но если $|a_{k-1}| > |\sqrt{q_k}|$, то по формулам (7). В рамках вышеуказанных условий, как следует из дифференциального аналога этих формул происходит резкий монотонный рост значений a_n и b_n , и в результате за «малое» количество шагов они становятся положительными. И значит, для формул (7)-(8), условие устойчивости нарушается только на «малом» количестве шагов, что не влияет на результаты конечного счета. Обратный счет по этим формулам осуществляется, как указано в пункте (2).

3) $a_{k-1} < 0,\ q(t) \le 0$. Расчет происходит по алгоритму, изложенному в пункте (2).

4) $a_{k-1} > 0,\ q(t) \le 0$. Расчет происходит по алгоритму, изложенному в пункте (3).

Заключение. В данной работе предложены рекуррентные формулы для численного решения краевой задачи (1)-(3), которые имеют более широкую область применимости, чем метод прогонки, при решении краевых задач дифференциальных уравнений второго порядка. Формулы применимы вне зависимости от знака коэффициента $q(t)$ при решении $y(t)$. Результаты, полученные в данной статье, подтверждаются расчетными данными. Приведенной метод имеет первый порядок точности и является абсолютно устойчивым, то есть его устойчивость не зависит от величины шага h. Один из

далеко идущих целей данной работы является изложение одношагового численного метода решения краевой задачи (1)-(3), при минимальных требованиях на условия гладкости коэффициентов уравнения. Поэтому акцент данной работы делается на вывод рабочих рекуррентных формул предоставлющих возможности работы с уравнениями с разрывными (т.е. кусочно-непрерывными) коэффициентами и в ряде случаев с коэффициентами, имеющими интегрируемые особенности. Возможности современных ЭВМ позволяет работать при достаточно малых шагах h, и тем самым методы первого порядка точности могут быть вполне пригодным рабочим инструментом обеспечивающих необходимую точность для численного решения большинства практических задач. Например, в гидродинамике с успехом используется разности «против потока» имеющий первый порядок точности.

Ради справедливости хотелось бы отметить, что первоначальная идея вышеизложенного метода принадлежит Отелбаеву М.О. ([5], стр. 147-152).

Недостатки и преимущества излагаемого здесь метода, могут быть выяснены на основе практики применения этого метода специалистами по вычислительной математике.

Список использованной литературы

1 Бабенко К.И. Основы численного анализа. //Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002.- книга

2 Бахвалов Н.С. Численные методы. - М.: Наука, 1973. – 654 с. - книга

3 Калиткин Н.Н., Альшина Е.А., Численные методы. Книга 1, Численный анализ. М.: Издательский центр «Академия», 2013. - 304 с. - (Университетский учебник. Серия Прикладная математика и информатика). - книга

4 Ильин В.П., Кузнецов Ю.И. Трехдиагональные матрицы и их приложения. - М.: Наука, 1985.- книга

5 Утемаганбетов З.С., Отелбаев М.О. О численном методе решения краевых задач для дифференциальных уравнений второго порядка. //В кн.: Актуальные вопросы математики и методики преподавания математики. (часть II) Алматы, 1995. –статьи из журнала

УДК 517.925
ГРНТИ 27.31.21

R.S. Ysmagul[1], A.S. Kolesnikova [2]

ON ONE ACCOUNT SYSTEM OF INTEGRO-DIFFERENTIAL EQUATIONS IN PRIVATE DERIVATIVES OF FIRST ORDER

[1] Cand. Sci. (Phys-Math), Associate Professor, A.Baytursynov Kostanay State University, Kostanay, Kazakhstan
[2] Bacalaureate student of specialty 5B060100-Mathematics, A.Baytursynov Kostanay State University, Kostanay, Kazakhstan

Abstract

This paper is devoted to the solution of problems of the investigation of an almost multiperiodic solution of integro-differential equations. In addition, questions of the existence and uniqueness of an almost multiperiodic solution of a system of first-order integro-differential equations in partial derivatives are considered.

New estimates for the characteristic functions of an integro-differential operator and a matrix of Green type of a linearized system are proved. The results of the work are of theoretical interest. They can be used in further investigations of vibrational bounded solutions of first order partial differential equations with a countable set of independent variables. These results will also be useful in the study of almost periodic solutions of the evolution equations of mathematical physics.

Key words: countable system, integro-differential, matrix of Green type, almost multiperiodic

Аннотация

Р.С. Ысмагул [1], А.С. Колесникова[2]

[1] к.ф.-м.н., доцент Костанайского государственного университета им.А. Байтурсынова, г. Костанай, Казахстан

[2] студентка третьего курса специальности 5В060100-«Математика», Костанайского государственного университета им.А. Байтурсынова, г. Костанай, Казахстан

ОБ ОДНОЙ СЧЁТНОЙ СИСТЕМЕ ИНТЕГРО-ИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПЕРВОГО ПОРЯДКА

Данная работа посвящена решению вопросов исследования почти многопериодического решения интегро-дифференциальных уравнений. А также рассматриваются вопросы существования и единственности почти многопериодического решения некоторой системы интегро-дифференциальных уравнений в частных производных первого порядка.

Доказаны новые оценки для характеристической функций интегродифференциального оператора и матрицы типа Грина линеризованной системы. Результаты работы представляют теоретический интерес. Они могут быть использованы в дальнейших исследованиях колебательных ограниченных решений интегродифференциальных уравнений в частных производных первого порядка со счетным множеством независимых переменных. Эти результаты будут также полезными при изучении почти периодических решений эволюционных уравнений математической физики.

Ключевые слова: счетная система, интегро-дифференциальные, матрица типа Грина, почти многопериодическое

Аңдатпа

Р.С. Ысмагул [1], А.С. Колесникова[2]

БІРІНШІ РЕТТІ ДЕРБЕС ТУЫНДЫЛЫ ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕҢДЕУЛЕРДІҢ БІР САНАМАЛЫ ЖҮЙЕСІ ТУРАЛЫ

[1] ф.-м.ғ.к., А. Байтурсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университетінің доценті, Қостанай қ., Қазақстан

[2] 5В060100-«Математика» мамандығының үшінші курс студенті, Қостанай мемлекеттік университетінің доценті, Қостанай қ., Қазақстан

Бұл жұмыста интегро-дифференциалдық теңдеулердің дерлік көпериодты шешімдерін зертеу сұрақтары қарастырылған. Сонымен қатар бірінші ретті дербес туындылы интегро-дифференциалдық теңдеулердің дерлік көпериодты шешімінің бар болу және жалғыздығы туралы айтылған.

Интегродифференциалдық оператордың сипаттаушы функциясының және сызықталған жүйенің Грин типті матрицасының жаңа бағамдары дәлелденді. Жұмыстың нәтжиелері теориялық сипатта көрсетілген. Күтілетін нәтежиелерді бастапқы бөлігі бірдей тәуелсіз айнымалылардың санамалы жиыны бар бірінші ретті интегро-дифференциалдық теңдеулердің дерлік көпериодты шешімдерін әрі қарай зерттеу кезінде шектелген тербеліс шешімдерін табуға қолдануға болады. Бұл нәтежиелер математикалық физиканың эволюциалық теңдеулерінің дерлік периодты шешімдерін зертеген кезде пайдалы болады.

Түйін сөздер: санамалы жүйе, интегро-дифференциалдық, Грин типті матрица, дерлік көпериодты.

Consider a system of integrodifferential equations of the form

$$D_{\varepsilon}^{x}x = P(t,\varphi)x + \mu Q(t,\varphi,x,\mu) + \mu\int_{-\infty}^{\infty} R\{t_1,t,\varphi,x(t_1,\varphi),\mu\}\psi(t-t_1)dt_1 \quad (1)$$

Where *x*, Q, R - are n-vector columns; $P(t,\varphi)$ is a dimension matrix $n\times n$; $\varphi=(\varphi_1,\varphi_2,...,\varphi_m,...)$ is an odd-dimensional vector, $\mu>0$ small vector.

D_{ε}^{x} is a differential operator of the form

$$D_{\varepsilon}^{x} = \frac{\partial}{\partial t} + a(t,\varphi,x,\varepsilon)\frac{\partial}{\partial \varphi}\ , \tag{2}$$

where $a\dfrac{\partial}{\partial \varphi} = \sum_{k=1}^{\infty} a_k(t,\varphi,x,\varepsilon)\dfrac{\partial}{\partial \varphi_k}$. (3)

Suppose $R_{\square} = \left\{x : \|x\| \le \Delta\right\} \subset R^n, R_{\varphi} = \left\{\varphi : \|\varphi\| < \infty\right\},$

where $\|\varphi\| = \sup_k |\varphi_k|, t \in R = (-\infty, \infty), E_{\varepsilon_1} = \left\{\varepsilon := |\varepsilon - \varepsilon_0| \le \varepsilon_1\right\},\ M_{\mu_0} = [0, \mu_0],$

where $\Delta, \varepsilon_1, \mu_0$ are positive constants.

Give the concept of a $\pi-$ function.

Vector function $x(t,\varphi) = \left\{x_1(t,\varphi), ..., \mathrm{x}_n(t,\varphi)\right\}$

in the area $R \times R_{\varphi}$ is named $\pi-$ function, if it

a) Is continuous in all variables $t, \varphi,$

b) Is limited in norm, i.e. $\|x(t,\varphi)\| = \sup_k |x_k(t,\varphi)| \le p$,

where $p > 0$ is a constant

c) satisfies the strengthened Lipchitz condition for

$$\left\|x(t, w_m\varphi + v_m\overline{\varphi} - (t, w_m\varphi + v_m\varphi)\right\| \le q_m \left\|v_m(\overline{\varphi} - \varphi)\right\| \ ,$$

where $w_m\varphi = (\varphi_1, ..., \varphi_m, 0, ..., 0, ...), v_m\varphi = (0, ..., 0, \varphi_{m+1}, \varphi_{m+2}, ...),$

$q_0, q_1, q_2, \ldots$ are a positive numerical sequence tending monotonically to zero

d) has bounded and continuous partial derivatives of the first order with respect to the coordinates of the vector φ .

$\pi-$ function has the following properties

1. $\pi-$ function $x(t,\varphi)$ satisfies the relatively ordinary Lipchitz condition with the constant q_0 , i.e. $\left\|x(t,\overline{\varphi}) - x(t,\varphi)\right\| \le q_0 \left\|\overline{\varphi} - \varphi\right\|,$

2. $\pi-$ function is continuous with respect to the set of variables $t, \varphi.$

Ranks $\sum_{k=1}^{\infty} \left\|\dfrac{\partial x(t,\varphi)}{\partial \varphi_k}\right\|$ for $\pi-$ function converge uniformly at that

$$\sum_{k=m+1}^{\infty} \left\|\frac{\partial x(t,\varphi)}{\partial \varphi_k}\right\| \le q_m .$$

Proofs of the properties are given in the works of K.P. Persian and O.A.Zhautykova [1].

Denote the class of the $\pi-$ function by $\pi(p, q_m)$.

Assume, that the conditions (N_{∞}) and (S_{∞}) from [1].

When these conditions are satisfied, the following inequalities hold

$$\|a(t,\varphi,0,\varepsilon)\| \le a_0, \|P(t,\varphi)\| < P_0, \|Q(t,\varphi,0,\mu)\| \le Q_0,$$

$$\|R(t_1,t,\varphi,0,\mu)\| \le R_0,$$

$$\left\|a(t,w_m\varphi+v_m,\bar{\varphi},\bar{x},\varepsilon)-a(t,w_m\varphi+v_m\varphi,x,\varepsilon)\right\|\le a_m\left\|v_m(\bar{\varphi}-\varphi)\right\|+\alpha\left\|\bar{x}-x\right\|,$$

$$\left\|P(t,w_m\varphi+v_m\bar{\varphi})-\mathrm{P(t,w}_m\varphi+v_m\varphi)\right\|\le\theta_m\left\|v_m(\bar{\varphi}-\varphi)\right\|,$$

$$\left\|Q(t,w_m\varphi+v_m,\bar{\varphi},\bar{x},\mu)-\mathrm{Q(t,w}_m\varphi+v_m\varphi,x,\mu)\right\|\le\delta\left\|v_m(\bar{\varphi}-\varphi)\right\|+\delta\left\|\bar{x}-x\right\|,$$

$$\left\|R(t_1,t,w_m\varphi+v_m,\bar{\varphi},\bar{x},\mu)-R(t_1,t,w_m\varphi+v_m\varphi,x,\mu)\right\|\le x_m\left\|v_m(\bar{\varphi}-\varphi)\right\|+x\left\|\bar{x}-x\right\|,$$

where the positive constants $\alpha_m,\theta_m,\delta_m,x_m$ are the coefficients of the strengthened Lipchitz condition converge monotonically to zero for $m\to\infty$.

From this it is clear that with respect to the argument φ :

$a(t,\varphi,x,\varepsilon)\in\pi(\overline{a_0},\alpha_m),\ P(t,\varphi)\in\pi(P_0,\theta_m),\ Q(t,\varphi,x,\mu)\in\pi(\overline{Q_0},\delta_m),$

$R(t_1,t,\varphi,x,\mu)\in\pi(\overline{R_0},x_m)$, evenly over $x\in R$, $\varepsilon\in E_{\varepsilon_1},\mu\in M_{\mu_0}$, where

$\overline{a_0}=\alpha\Delta+a_0,\overline{Q_0}=\delta\Delta+Q_0,\overline{R_0}=x\Delta+R_0$.

In addition, from the continuity of the vector function $a(t,\varphi,x,\varepsilon)$ with respect to $\varepsilon\in E_{\varepsilon_1}$ it follows that for each $\beta>0$ there is $0<\varepsilon_2\le\varepsilon_1$ such that for $|\varepsilon-\varepsilon_0|<\varepsilon_2$ inequality holds [2]

$$\left\|a(t,\varphi,x,\varepsilon)-a(t,\varphi,x,\varepsilon_0)\right\|\le\beta.$$

Note that when m=0 from (2) we obtain the usual Lipchitz conditions with respect to the coordinates $\varphi,x.$

Let $H_n(\Delta,\delta_m)$ is a class of n-dimensional of $\pi-$ function $f(t,\varphi)$,

Satisfying condition

$\|f(t,\varphi)\|\le\Delta,\left\|f(t,w_m\varphi+v_m\bar{\varphi})-f(t,w_m\varphi+v_m\varphi\right\|\le\delta_m\left\|v_m(\bar{\varphi}-\varphi)\right\|.$

and almost multiperiodic (hereinafter, reduced *a.m.p.*) in t,φ with η -vector-almost period (τ,υ) , where $m\to\infty$.

For some function, $f(t,\varphi)\in H_n(\Delta,\delta_m)$ consider the equation

$$\frac{d\varphi}{dt}=a\left[t,\varphi,f(t,\varphi),\varepsilon\right].\qquad(4)$$

To reduce the notation, introduce the notation

$r(t,\varphi,\varepsilon)=a(t,\varphi,f(t,\varphi),\varepsilon).$

Then $r_m=\alpha_m+\alpha\delta_m$ is the coefficient of the strengthened Lipchitz condition for the vector function $r(t,\varphi,\varepsilon)$.

Conditions (N_∞) relatively $a(t,\varphi,x,\varepsilon)$ ensure the existence and uniqueness of the solution of the Cauchy problem for equation (3). Denote by

$\varphi=\lambda_f(t,t_0,\varphi_0,\varepsilon)$

the solution of the equation by the point $(t_0,\varphi_0)\in R\times R_\varphi$.

Solving the equation (4) with respect to φ_0 and replacing t_0 by $S\in R$, we obtain the characteristic vector-valued function $\lambda(s,t,\varphi,\varepsilon)$, that admits the integral representation in the form

$$\lambda_f(s,t,\varphi,\varepsilon)=\varphi+\int_t^S r\left[s_1,\lambda_f(s_1,t,\varphi,\varepsilon),\varepsilon\right]ds_1 .$$

Lemma. For the characteristic vector-valued function $\lambda_f(s,t,\varphi,\varepsilon)$ with all $s \in R, t \in R, \varphi \in R_\varphi, \varepsilon \in E_{\varepsilon_1}$ fair assessments are

I a) $\left\|\lambda_f(s,t,w_m\varphi+v_m\bar{\varphi},\varepsilon)-\lambda_f(s,t,w_m\varphi+v_m\varphi,\varepsilon)\right\| \le \left[1+\frac{2r_m}{r_0}(e^{2r_0|t-s|}-1)\right]\left\|v_m(\bar{\varphi}-\varphi)\right\|;$

I b) $\left\|\lambda_f(s+r,t+r,\varphi+\upsilon,\varepsilon)-\lambda_f(s,t,\varphi,\varepsilon)-\upsilon\right\| \le \frac{\left\|\Delta_{\tau,\upsilon}r\right\|}{r_0}(e^{r_0|t-s|}-1);$

I c) $\left\|\lambda_f(s,t,\varphi,\varepsilon)-\lambda_q(s,t,\varphi,\varepsilon)\right\| \le \frac{\alpha\left\|f-g\right\|_H}{r_0}(e^{r_0|t-s|}-1);$

I d) $\left\|\lambda_f(s,t,\varphi,\varepsilon)-\lambda_f(s,t,\varphi,\varepsilon_0)\right\| \le \frac{\beta}{r_0}(e^{r_0|t-s|}-1)$ at $|\varepsilon-\varepsilon_0|<\varepsilon_2$.

References

1 Berzhanov A.B.Mnogoperiodicheskoe po chasti peremennykh reshenie odnoy sistemy integro-differentsial'nykh uravneniy // Vestnik Evraziyskogo Natsional'nogo universiteta im.L.N.Gumileva. Ser. Fiziko-matematicheskaya. - 2004.-Vyp.1. – S.12-19

2 Ysmagul R.S., Mukanov T.L. Reshenie odnoy schetnoy sistemy evolyutsionnykh uravneniy metodom ukorocheniya // Mnogoprofil'nyy nauchnyy zhurnal "3i - intelekt, ideya, innovatsiya" KGU imeni A.Baytursynova, - 2014. –Vyp.1– S.93-99

ФИЗИКА, ФИЗИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ
ФИЗИКА, МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ

УДК 517.957
ГРНТИ 27.31.21

С.Е. Айтжанов[1], Д.Т. Жанузакова[2], Г.Р. Ашурова[3], А.Б. Беимбетова[4]

[1]К.ф.-м.н., старший преподаватель, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан
[2]Докторант Казахского национального университета имени аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан
[3,4] Магистрант Казахского национального университета имени аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан

РАЗРУШЕНИЕ РЕШЕНИЙ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ СО СТЕПЕННОЙ НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ

Аннотация

Математическое моделирование многих процессов, происходящих в реальном мире, приводит к изучению прямых и обратных задач для уравнений математической физики. Теория обратных задач представляет собой активно развивающееся направление современной теории дифференциальных уравнении. Интенсивное исследование обратных задач в значительной степени обусловлено необходимостью разработки математических методов решения обширного класса важных прикладных проблем, связанных с обработкой и интерпретацией наблюдений. Особое место в теории нелинейных уравнений занимает круг исследований неограниченных решений, или, как их по-другому называют, режимов с обострением. Нелинейные эволюционные задачи, допускающие неограниченные решения, являются глобально неразрешимыми: решения неограниченно возрастают в течение конечного промежутка времени. В данной статье рассмотрена обратная задача с интегральным условием переопределением для уравнения параболического типа и получены достаточные условия разрушения его решения за конечное время в ограниченной области с однородным условием Дирихле.

Ключевые слова: Обратная задача, уравнения теплопроводности, степенная нелинейность, разрушение решения, интегральное условие, ограниченная область

Аңдатпа

С.Е. Айтжанов[1], Д.Т. Жанузакова[2], Г.Р. Ашурова[3], А.Б. Беимбетова[4]

БЕЙСЫЗЫҚТЫ ДӘРЕЖЕЛІ ЖЫЛУӨТКІЗГІШТІК ТЕҢДЕУ ҮШІН ҚОЙЫЛҒАН КЕРІ ЕСЕП ШЕШІМІНІҢ ҚИРАУЫ

[1]Ф.-м.ғ.к., әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің аға оқытушысы, Алматы қ., Қазақстан
[2]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің PhD докторанты, Алматы қ., Қазақстан
[3,4] Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің магистранты, Алматы қ., Қазақстан

Нақты әлемде орын алған көптеген үрдістердің математикалық пішіндеуі математикалық физиканың теңдеулері үшін тура және кері есептерді зерттеуге әкеледі. Кері есептер теориясы заманауй дифференциалдық теңдеулер теориясының белсенді дамып келе жатқан саласы. Кері есептерді қарқынды зерттеу, негізінен, бақылауларды өңдеуге және түсіндіруге байланысты маңызды қолданбалы міндеттердің ауқымды есептерді шешудің математикалық әдістерін дамыту қажеттілігінен туындайды. Сызықты емес теңдеулер теориясында шенелмеген шешімдерді зерттеу ерекше орын алады, немесе басқаша айтқанда, күшейтілген режимдер. Шенелмеген шешімдерді қабылдайтын сызықты емес эволюциялық есептер глобалді шешілмейді: шешімдер ақырлы уақыт аралығында шексіз артады. Бұл мақалада параболалық теңдеулер типі үшін қосымша интегралдық шартымен берілген кері есеп қарастырылған және біртекті Дирихле шартымен бірге шенелген аймақта ақырлы уақытта шешімдердің қирауының жеткілікті шарттары алынған.

Түйін сөздер: Кері есеп, жылуөткізгіштік теңдеу, дәрежелік сызықты еместігі, шешімнің қирауы, интегралдық шарт, шенелген аймақ.

Abstract

THE BLOW UP OF THE SOLUTIONS OF THE INVERSE PROBLEM FOR THE HEAT CONDUCTIVITY EQUATION WITH THE DEGREE OF NONLINEARITY

Aitzhanov S.E. [1], Zhanuzakova D.T. [2], Ashurova G.R. [3], Beimbetova A.B. [4]

[1]Cand. Sci. (Phys-Math), Senior Lecturer, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

[2]PhD doctoral student Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

[3,4] Student of Master's Programme, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

Mathematical modeling of many processes occurring in the real world leads to the study of direct and inverse problems for equations of mathematical physics. The theory of inverse problems is an actively developing direction of the modern theory of differential equations. An intensive study of inverse problems is largely due to the need to develop mathematical methods for solving an extensive class of important applied problems related to the processing and interpretation of observations. A special place in the theory of nonlinear equations is the range of studies of unbounded solutions, or, as they are termed differently, regimes with peaking. Nonlinear evolutionary problems that admit unbounded solutions are globally insoluble: the solutions increase indefinitely for a finite period of time. In this article, we consider an inverse problem with an integral condition of redefinition for an equation of parabolic type, and we obtain sufficient conditions for the destruction of its solution in a finite time in a bounded domain with a homogeneous Dirichlet condition.

Key words: Inverse problem, heat conduction equations, power nonlinearity, solution decay, integral condition, bounded domain.

Рассмотрим обратную задачу для уравнения теплопроводности со степенной нелинейностью

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(u + a_0 \,|\, u \,|^{p-2}\, u\right) - \Delta(|\, u \,|^{q_1}\, u) + a(x,t,u,\nabla u) = |\, u \,|^{q_2}\, u + f(t)\omega(x),\ x \in \Omega,\ 0 < t < \infty, \tag{1}$$

$$u(x,0) = u_0(x), \tag{2}$$

$$u\big|_{\partial\Omega\times(0,\infty)} = 0, \tag{3}$$

$$\int_\Omega |\, u \,|^{q_1}\, u \cdot \omega\, dx = \varphi(t),\ 0 < t < \infty. \tag{4}$$

Здесь $\Omega \subset R^n$, $n \geq 1$ ограниченная область, граница $\partial\Omega$ достаточно гладкая, p и q положительные константы, которые $q_2 \geq q_1$, $q_1 > p-2$, $p > 2$. Функции $\omega(x)$, $a(x,t,u,\nabla u)$, u_0 удовлетворяет следующим условиям:

$$\int_\Omega \omega^2(x)dx = 1,\ \Delta\omega \in L_{q_1+2}(\Omega),\ \omega \in L_{\frac{q_1+q_2+2}{q_1+1}}(\Omega),\ \omega \in L_{\frac{2(q_1+2)}{2q_1-p+4}}(\Omega),$$
$$\omega \in L_{\frac{q_1+2}{q_1+1}}(\Omega),\ \omega \in L_{\frac{p+q_1}{q_1+1}}(\Omega),\ \omega \in L_{\frac{2(p+q_1)}{p+2q_1}}(\Omega),\ q_2 \geq q_1,\ q_1 > p-2,\ p \geq 2. \tag{A1}$$

$$\int_\Omega |\, u_0 \,|^{q_1}\, u_0 \cdot \omega dx = \varphi(0),\ u_0 \in H_0^1(\Omega) \bigcap L_{p+q_1}(\Omega) \bigcap L_{q_1+2}(\Omega) \tag{A2}$$

и для $a_1 > 0$, $a_2 > 0$ постоянным выполняется

$$|\, a(x,t,u,\nabla u) \,| \leq a_1 \left|\nabla(|\, u \,|^{q_1}\, u)\right|^s + a_2 \,|\, u \,|^{p-1},\quad s = \frac{2}{q_1+2}. \tag{A3}$$

Проблеме существования обобщенных решений для параболических уравнений с двойной нелинейностью были посвящены работы **[1-5]** и др. Отметим работу П.А. Равьярт [2] который впервые доказал существование обобщенного решения начально-краевой задачи для параболических уравнений с двойной нелинейностью.

Вопросы разрушения решений уравнений вида

$$\frac{\partial}{\partial t}(u + \sum_{k=1}^{n} a_k(x)\,|\, u \,|^{p_k-2}\, u) - \Delta(|\, u \,|^{q_1}\, u) = |\, u \,|^{q_2}\, u,$$

исследовались во многих работах [6-10]. В работах [6-7] модифицированным методом Левина получены достаточные условия разрушения его решения за конечное время в ограниченной области.

Задача определения источника для линейных и нелинейных уравнений с финальным и интегральным переопределением рассматривались различными методами рядом автором [11-17].

В работе [18] исследовался обратная задача для параболического уравнения со степенной нелинейностью.

В данном работе получены условия на известных данных, гарантирующее глобальное отсутствие решений обратной задачи. А также устанавливается устойчивость решения на ограниченной области для обратной задачи с противоположным знаком на нелинейность степенного вида

$u_t - \Delta u + |u|^p u = F(t)\omega(x),\ x \in \Omega,\ t > 0.$

В работе [19] рассмотрена обратная задача для квазилинейного параболического уравнения со степенной нелинейностью вида

$u_t - div\left((k_1 + k_2 |\nabla u|^{m-2})\nabla u\right) + h(u, \nabla u) - |u|^{p-2} u = f(t)\omega(x),\ x \in \Omega,\ t > 0,$

с начально-краевым условием (2), (3) и дополнительным интегральным условием (4) (когда функция $\varphi(t) = 1$ при $t > 0$). Получены условия разрушения его решения за конечное время.

Неравенство Юнга $ab \le \beta a^{q_1} + C(\beta, q_1) b^{q_1'},\ \frac{1}{q_1} + \frac{1}{q_1'} = 1,\ \beta > 0,\ C(\beta, q_1) = \frac{1}{q_1'(\beta q_1)^{\frac{q_1'}{q_1}}}.$

Приведем известную лемму В.Калантарова - О.А. Ладыженской, которая имеет основное значение при получение наших результатов.

Лемма [20]. Пусть положительная дважды дифференцируемая функция $\psi(t)$ удовлетворяет при $t \ge 0$ неравенству

$\psi(t)\psi''(t) - (1+\alpha)(\psi'(t))^2 \ge -2C_1\psi(t)\psi'(t) - C_2\psi^2(t),$

где $\alpha > 0,\ C_1, C_2 \ge 0$ и $C_1 + C_2 > 0$. Тогда, если

$\psi(0) > 0$ и $\psi'(0) + \gamma_2\alpha^{-1}\psi(0) > 0$

тогда функция $\psi(t)$ стремится к бесконечности при

$t \to t_1 \le t_2 = \frac{1}{2\sqrt{C_1^2 + \alpha C_2}} \ln \frac{\gamma_1\psi(0) + \alpha\psi'(0)}{\gamma_2\psi(0) + \alpha\psi'(0)}$

где

$\gamma_1 = -C_1 + \sqrt{C_1^2 + \alpha C_2}$ и $\gamma_2 = -C_1 - \sqrt{C_1^2 + \alpha C_2}$.

Теорема. Пусть выполняется условия A1-A3, а также

$$-\gamma_2\alpha^{-1}\left(\frac{\sigma}{2(p+q_1)} + C_{23}\right) < \frac{2}{q_1+2}\int_\Omega |u_0|^{q_1+2}\,dx + \frac{2a_0(p-1)}{p+q_1}\int_\Omega |u_0|^{p+q_1}\,dx \qquad \text{(A4)}$$

где

$$C_{23} \ge -\frac{\sigma}{2(p+q_1)} + \frac{2D_0 + (2q_1 + q_2 + p + 2)\sigma - \frac{3q_1 + q_2 + 4}{q_1 + 1} D_3}{a_6 + a_7},\ C_{23} > 0,$$

$$\alpha = \frac{q_2 - p + 2}{2(p+q_1)},\ \varepsilon = \frac{q_1 - p + 2}{3q_1 + q_2 + 4},\ \frac{\lambda(q_2 - p + 2)(q_1 + 1)}{q_1 + q_2 + 2} - 4a_4 - 1 \ge 0,$$

$$\sigma = \frac{2}{q_1+2}\int_\Omega |u_0|^{q_1+2}\,dx + \frac{2a_0(p-1)}{p+q_1}\int_\Omega |u_0|^{p+q_1}\,dx,$$

$$\gamma_2 = -(q_1+2)(C_1+C_2) - \sqrt{(q_1+2)^2(C_1+C_2)^2 + \alpha(a_6+a_7)},$$

$$a_3 = 1 + \frac{a_1^2(q_1+1)^2}{2\bar{\varepsilon}_1} + \frac{a_2^2(q_1+1)^2}{2\bar{\varepsilon}_2},\ a_4 = \frac{1}{2} + \lambda(q_1 - p + 2) + \frac{a_1^2(q_1+1)^2}{4\bar{\varepsilon}_1} C_9,\ a_5 = \frac{(q_1+1)(q_1+2)(C_1+C_2)}{a_4(3q_1+q_2+4)},$$

$$a_6 = \frac{a_3(q_1+2)(3q_1+q_2+4)}{4(q_1+1)},\ a_7 = \frac{a_4(q_1+2)(C_{16}+C_{17})(3q_1+q_2+4)}{q_1+1},$$

$$D_0(t)=e^{-\lambda(p+q_1)t}\left(C_3\int_\Omega|\omega|^{\frac{q_1+2}{q_1+1}}\,dx+C_4\int_\Omega|\omega|^{\frac{2(p+q_1)}{p+2q_1}}\,dx+C_5\int_\Omega|\Delta\omega|^{q_1+2}\,dx+\right.$$

$$\left.+C_6\int_\Omega|\omega|^{\frac{q_1+q_2+2}{q_1+1}}\,dx+C_7\int_\Omega|\omega|^{\frac{q_1+2}{q_1+1}}\,dx+C_8\int_\Omega|\omega|^{\frac{p+q_1}{q_1+1}}\,dx\right),$$

$$D_1=\frac{1}{\lambda(p+q_1)}\left(C_{10}\int_\Omega|\Delta\omega|^{q_1+2}\,dx+C_{11}\int_\Omega|\omega|^{\frac{q_1+q_2+2}{q_1+1}}\,dx+\right.$$

$$\left.+C_{13}\int_\Omega|\omega|^{\frac{2(q_1+2)}{2q_1-p+4}}\,dx+(C_{12}+C_{14})\int_\Omega|\omega|^{\frac{q_1+2}{q_1+1}}\,dx+C_{15}\int_\Omega|\omega|^{\frac{p+q_1}{q_1+1}}\,dx\right),$$

$$D_2=\frac{1}{\lambda(p+q_1)}\left(C_{11}\int_\Omega|\omega|^{\frac{q_1+q_2+2}{q_1+1}}\,dx+C_{18}\int_\Omega|\Delta\omega|^{q_1+2}\,dx+C_{19}\int_\Omega|\omega|^{\frac{q_1+2}{q_1+1}}\,dx+C_{20}\int_\Omega|\omega|^{\frac{2(p+q_1)}{p+2q_1}}\,dx+\right.$$

$$\left.+C_{21}\int_\Omega|\omega|^{\frac{q_1+2}{q_1+1}}\,dx+C_{22}\int_\Omega|\omega|^{\frac{p+q_1}{q_1+1}}\,dx\right),$$

$$D_3=J(0)-a_4\Psi_1(0)-2a_4D_2-D_1=J(0)-a_4\left(\frac{2}{q_1+2}\int_\Omega|u_0|^{q_1+2}\,dx+\frac{2a_0(p-1)}{p+q_1}\int_\Omega|u_0|^{p+q_1}\,dx+\right.$$

$$\left.-2\varphi(0)\int_\Omega u_0\cdot\omega dx-2a_0\varphi(0)\int_\Omega|u_0|^{p-2}\,u_0\cdot\omega dx+2D_2\right)-D_1,$$

$$J(0)\equiv\frac{q_1+1}{q_1+q_2+2}\int_\Omega|u_0|^{q_1+q_2+2}\,dx-\frac{\lambda(q_1+1)}{q_1+2}\int_\Omega|u_0|^{q_1+2}\,dx-\frac{a_0\lambda(p-1)(q_1+1)}{p+q_1}\int_\Omega|u_0|^{p+q_1}\,dx-$$

$$-\frac{1}{2}\int_\Omega|\nabla(|u_0|^{q_1}\,u_0)|^2\,dx+a_0\varphi_1(0)\int_\Omega|u_0|^{p-2}\,u_0\cdot\omega dx+\varphi_1(0)\int_\Omega u_0\cdot\omega dx,$$

$$\varphi_1(0)=\varphi'(0)-\lambda(q_1+1)\varphi(0),\quad C_i-const,\ C_i>0,\ (i=\overline{1,22}).$$

Тогда для конечного времени t_1 решение нормы стремится к бесконечности

$$\frac{2}{q_1+2}\int_0^t\int_\Omega|u|^{q_1+2}\,dxd\tau+\frac{2a_0(p-1)}{p+q_1}\int_0^t\int_\Omega|u|^{p+q_1}\,dxd\tau+\frac{\sigma}{2(p+q_1)}+C_{23}\to+\infty\ \text{ при } t\to t_1.$$

Доказательство. Сделаем замену $u=v\cdot e^{\lambda t}$, тогда обратная задача (1)-(4) сводится к виду

$$e^{-\lambda(p-2)t}\frac{\partial v}{\partial t}+a_0\frac{\partial}{\partial t}(|v|^{p-2}\,v)+\lambda e^{-\lambda(p-2)t}v+a_0\lambda(p-1)|v|^{p-2}\,v-e^{\lambda(q_1-p+2)t}\Delta(|v|^{q_1}\,v)+$$

$$+e^{-\lambda(p-1)t}a(x,t,e^{\lambda t}v,e^{\lambda t}\nabla v)=e^{\lambda(q_2-p+2)t}\,|v|^{q_2}\,v+e^{-\lambda(p-1)t}f(t)\omega(x),\ x\in\Omega,\ 0<t<\infty, \tag{5}$$

$$v(x,0)=u_0(x), \tag{6}$$

$$v\big|_{\partial\Omega\times(0,\infty)}=0, \tag{7}$$

$$\int_\Omega|v|^{q_1}\,v\cdot\omega dx=\varphi(t)e^{-\lambda(q_1+1)t},\ 0<t<\infty. \tag{8}$$

Сначала умножим уравнение (5) на $\omega(x)$ и проинтегрируем по области Ω, получим

$$f(t)=\int_\Omega e^{\lambda t}\frac{\partial v}{\partial t}\omega dx+a_0e^{\lambda(p-1)t}\int_\Omega\frac{\partial}{\partial t}(|v|^{p-2}\ v)\omega dx+\lambda\int_\Omega e^{\lambda t}v\omega dx+a_0\lambda(p-1)e^{\lambda(p-1)t}\int_\Omega v|^{p-2}\ v\omega dx-$$
$$-\int_\Omega e^{\lambda(q_1+1)t}\ |v|^{q_1}\ v\Delta\omega dx+\int_\Omega a(x,t,e^{\lambda t}v,e^{\lambda t}\nabla v)\omega dx-\int_\Omega e^{\lambda(q_2+1)t}\ |v|^{q_2}\ v\omega dx, \tag{9}$$

Теперь умножим уравнение (5) на $|v|^{q_1}\ v$ и проинтегрируем по области Ω,тогда получим следующее тождество

$$\frac{1}{q_1+2}\frac{d}{dt}\left(\int_\Omega e^{-\lambda(p-2)t}\ |v|^{q_1+2}\ dx\right)+\frac{a_0(p-1)}{p+q_1}\frac{d}{dt}\int_\Omega|v|^{p+q_1}\ dx+$$
$$+\frac{\lambda(p+q_1)}{q_1+2}\int_\Omega e^{-\lambda(p-2)t}\ |v|^{q_1+2}\ dx+a_0\lambda(p-1)|\int_\Omega v|^{p+q_1}\ dx+$$
$$+e^{\lambda(q_1-p+2)t}\int_\Omega|\nabla(|v|^{q_1}\ v)|^2\ dx+\int_\Omega e^{-\lambda(p-1)t}a(x,t,e^{\lambda t}v,e^{\lambda t}\nabla v)\cdot|v|^{q_1}\ vdx= \tag{10}$$
$$=\int_\Omega e^{\lambda(q_2-p+2)t}\ |v|^{q_1+q_2+2}\ dx+e^{-\lambda(p+q_1)t}\varphi(t)f(t),$$

Теперь умножим уравнение (5) на $\frac{\partial}{\partial t}(|v|^{q_1}\ v)$ и проинтегрируем по области Ω, тогда получим следующее тождество

$$(q_1+1)e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega|v|^{q_1}\left|\frac{\partial v}{\partial t}\right|^2dx+a_0(p-1)(q_1+1)\int_\Omega|v|^{p+q_1-2}\left|\frac{\partial v}{\partial t}\right|^2dx+$$
$$+\frac{\lambda(q_1+1)}{q_1+2}\frac{d}{dt}\left(e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega|v|^{q_1+2}\ dx\right)+\frac{\lambda^2(p-2)(q_1+1)}{q_1+2}e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega|v|^{q_1+2}\ dx+$$
$$+\frac{a_0\lambda(p-1)(q_1+1)}{p+q_1}\frac{d}{dt}\int_\Omega|v|^{p+q_1}dx+\frac{1}{2}\frac{d}{dt}\left(e^{\lambda(q_1-p+2)t}\int_\Omega|\nabla(|v|^{q_1}\ v)|^2\ dx\right)-$$
$$-\frac{\lambda(q_1-p+2)}{2}e^{\lambda(q_1-p+2)t}\int_\Omega|\nabla(|v|^{q_1}\ v)|^2\ dx+e^{-\lambda(p-1)t}\int_\Omega a(...)\cdot\frac{\partial}{\partial t}(|v|^{q_1}\ v)dx= \tag{11}$$
$$=\frac{q_1+1}{q_1+q_2+2}\cdot\frac{d}{dt}\left(e^{\lambda(q_2-p+2)t}\int_\Omega|v|^{q_1+q_2+2}\ dx\right)-$$
$$-\frac{\lambda(q_2-p+2)(q_1+1)}{q_1+q_2+2}e^{\lambda(q_2-p+2)t}\int_\Omega|v|^{q_1+q_2+2}\ dx+e^{-\lambda(p+q_1)t}\varphi_1(t)f(t),$$

где $\varphi_1(t)=\varphi'(t)-\lambda(q_1+1)\varphi(t)$

Положим выражение (9) в тождества (10) и (11) получим, следующее

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{1}{q_1+2}\int_\Omega e^{-\lambda(p-2)t}\,|v|^{q_1+2}\,dx+\frac{a_0(p-1)}{p+q_1}\int_\Omega |v|^{p+q_1}\,dx-\right.$$

$$\left.-e^{-\lambda(p+q_1-1)t}\varphi(t)\int_\Omega v\cdot\omega dx-a_0e^{-\lambda(q_1+1)t}\varphi(t)\int_\Omega |v|^{p-2}\,v\cdot\omega dx\right)=$$

$$=-\frac{\lambda(p+q_1)}{q_1+2}\int_\Omega e^{-\lambda(p-2)t}\,|v|^{q_1+2}\,dx-a_0\lambda(p-1)|\int_\Omega v|^{p+q_1}\,dx-$$

$$-e^{\lambda(q_1-p+2)t}\int_\Omega |\nabla(|v|^{q_1}\,v)|^2\,dx-\int_\Omega e^{-\lambda(p-1)t}a(x,t,e^{\lambda t}v,e^{\lambda t}\nabla v)\cdot|v|^{q_1}\,vdx+ \qquad (12)$$

$$+\int_\Omega e^{\lambda(q_2-p+2)t}\,|v|^{q_1+q_2+2}\,dx-e^{-\lambda(p+q_1-1)t}\varphi_4(t)\int_\Omega v\cdot\omega dx-$$

$$-a_0e^{-\lambda(q_1+1)t}\varphi_4(t)\int_\Omega |v|^{p-2}\,v\cdot\omega dx-e^{-\lambda(p-1)t}\varphi(t)\int_\Omega |v|^{q_1}\,v\cdot\Delta\omega dx+$$

$$+e^{-\lambda(p+q_1)t}\varphi(t)\int_\Omega a(x,t,e^{\lambda t}v,e^{\lambda t}\nabla v)\cdot\omega dx-e^{-\lambda(p+q_1-q_2-1)t}\varphi(t)\int_\Omega |v|^{q_2}\,v\cdot\omega dx$$

где $\varphi_4(t)=\varphi'(t)-\lambda(p+q_1)\varphi(t).$

$$(q_1+1)e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega |v|^{q_1}\left|\frac{\partial v}{\partial t}\right|^2dx+a_0(p-1)(q_1+1)\int_\Omega |v|^{p+q_1-2}\left|\frac{\partial v}{\partial t}\right|^2dx+$$

$$+\frac{\lambda(q_1+1)}{q_1+2}\frac{d}{dt}\left(e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega |v|^{q_1+2}\,dx\right)+\frac{\lambda^2(p-2)(q_1+1)}{q_1+2}e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega |v|^{q_1+2}\,dx+$$

$$+\frac{a_0\lambda(p-1)(q_1+1)}{p+q_1}\frac{d}{dt}\int_\Omega |v|^{p+q_1}dx+\frac{1}{2}\frac{d}{dt}\left(e^{\lambda(q_1-p+2)t}\int_\Omega |\nabla(|v|^{q_1}\,v)|^2\,dx\right)-$$

$$-\frac{\lambda(q_1-p+2)}{2}e^{\lambda(q_1-p+2)t}\int_\Omega |\nabla(|v|^{q_1}\,v)|^2\,dx+e^{-\lambda(p-1)t}\int_\Omega a(\ldots)\cdot\frac{\partial}{\partial t}(|v|^{q_1}\,v)dx=$$

$$=\frac{q_1+1}{q_1+q_2+2}\cdot\frac{d}{dt}\left(e^{\lambda(q_2-p+2)t}\int_\Omega |v|^{q_1+q_2+2}\,dx\right)-\frac{\lambda(q_2-p+2)(q_1+1)}{q_1+q_2+2}e^{\lambda(q_2-p+2)t}\int_\Omega |v|^{q_1+q_2+2}\,dx+$$

$$+e^{-\lambda(p+q_1-1)t}\varphi_1(t)\int_\Omega\frac{\partial v}{\partial t}\cdot\omega dx+a_0\varphi_1(t)e^{-\lambda(q_1+1)t}\int_\Omega\frac{\partial}{\partial t}(|v|^{p-2}\,v)\cdot\omega dx+$$

$$+\lambda\varphi_1(t)e^{-\lambda(p+q_1-1)t}\varphi_1(t)\int_\Omega v\cdot\omega dx+a_0\lambda(p-1)e^{-\lambda(q_1+1)t}\varphi_1(t)\int_\Omega v|^{p-2}\,v\cdot\omega dx-$$

$$-e^{-\lambda(p-1)t}\varphi_1(t)\int_\Omega |v|^{q_1}\,v\cdot\Delta\omega dx+e^{-\lambda(p+q_1)t}\varphi_1(t)\int_\Omega a(x,t,e^{\lambda t}v,e^{\lambda t}\nabla v)\cdot\omega dx- \qquad (13)$$

$$-e^{-\lambda(p+q_1-q_2-1)t}\varphi_1(t)\int_\Omega |v|^{q_2}\,v\cdot\omega dx.$$

Введем обозначения:

$$G(t,v)\equiv e^{\lambda(q_2-p+2)t}\int\limits_\Omega |v|^{q_1+q_2+2}\,dx,$$

$$Lv\equiv\frac{\lambda(p+q_1)}{q_1+2}e^{-\lambda(p-2)t}\int\limits_\Omega |v|^{q_1+2}\,dx+e^{\lambda(q_1-p+2)t}\int\limits_\Omega |\nabla(|v|^{q_1}v)|^2\,dx+a_0\lambda(p-1)\int\limits_\Omega |v|^{p+q_1}\,dx,$$

$$J(t)\equiv\frac{q_1+1}{q_1+q_2+2}G(t,v)-\frac{\lambda(q_1+1)}{q_1+2}e^{-\lambda(p-2)t}\int\limits_\Omega |v|^{q_1+2}\,dx-\frac{a_0\lambda(p-1)(q_1+1)}{p+q_1}\int\limits_\Omega |v|^{p+q_1}\,dx-$$

$$-\frac{1}{2}e^{\lambda(q_1-p+2)t}\int\limits_\Omega |\nabla(|v|^{q_1}v)|^2\,dx+a_0e^{-\lambda(q_1+1)t}\varphi_1(t)\int\limits_\Omega |v|^{p-2}v\cdot\omega dx+e^{-\lambda(p+q_1-1)t}\varphi_1(t)\int\limits_\Omega v\cdot\omega dx,$$

$$\Psi_1(t)\equiv\frac{2}{q_1+2}e^{-\lambda(p-2)t}\int\limits_\Omega |v|^{q_1+2}\,dx+\frac{2a_0(p-1)}{p+q_1}\int\limits_\Omega |v|^{p+q_1}\,dx-$$

$$-2a_0e^{-\lambda(q_1+1)t}\varphi(t)\int\limits_\Omega |v|^{p-2}v\cdot\omega dx-2e^{-\lambda(p+q_1-1)t}\varphi(t)\int\limits_\Omega v\cdot\omega dx,\qquad(14)$$

$$\overline{\Psi}(t)\equiv\frac{2}{q_1+2}e^{-\lambda(p-2)t}\int\limits_\Omega |v|^{q_1+2}\,dx+\frac{2a_0(p-1)}{p+q_1}\int\limits_\Omega |v|^{p+q_1}\,dx,$$

$$\overline{\overline{\Psi}}(t)\equiv a_0e^{-\lambda(q_1+1)t}\varphi(t)\int\limits_\Omega |v|^{p-2}v\cdot\omega dx+e^{-\lambda(p+q_1-1)t}\varphi(t)\int\limits_\Omega v\cdot\omega dx.$$

Запишем тождества (12) и (13) используя эти обозначения

$$\frac{1}{2}\frac{d\Psi_1(t)}{dt}=\left(2+\frac{q_2-q_1}{2(q_1+1)}\right)J(t)+\frac{q_2-q_1}{2(q_1+q_2+2)}G(t,v)+\frac{\lambda(3q_1+q_2+4)}{2(q_1+2)}e^{-\lambda(p-2)t}\int\limits_\Omega |v|^{q_1+2}\,dx+$$

$$+\frac{a_0\lambda(p-1)(3q_1+q_2+4)}{2(p+q_1)}\int\limits_\Omega |v|^{p+q_1}\,dx+\frac{3q_1+q_2+4}{4(q_1+1)}e^{\lambda(q_1-p+2)t}\int\limits_\Omega |\nabla(|v|^{q_1}v)|^2\,dx-$$

$$-\int\limits_\Omega e^{-\lambda(p-1)t}a(...)\}|v|^{q_1}v dx-e^{-\lambda(p+q_1-1)t}\overline{\varphi}_4(t)\int\limits_\Omega v\cdot\omega dx-a_0e^{-\lambda(q_1+1)t}\overline{\varphi}_4(t)\int\limits_\Omega |v|^{p-2}v\cdot\omega dx-\qquad(15)$$

$$-e^{-\lambda(p-1)t}\varphi(t)\int\limits_\Omega |v|^{q_1}v\cdot\Delta\omega dx+e^{-\lambda(p+q_1)t}\varphi(t)\int\limits_\Omega a(...)\cdot\omega dx-e^{-\lambda(p+q_1-q_2-1)t}\varphi(t)\int\limits_\Omega |v|^{q_2}v\cdot\omega dx$$

где $\overline{\varphi}_4(t)=\dfrac{q_2+5q_1+6}{2(q_1+1)}\varphi'(t)-\lambda(p+4q_1+q_2+4)\varphi(t).$

$$\frac{dJ(t)}{dt}=\frac{\lambda(q_2-p+2)(q_1+1)}{q_1+q_2+2}e^{\lambda(q_2-p+2)t}\int\limits_\Omega |v|^{q_1+q_2+2}\,dx+$$

$$+(q_1+1)e^{-\lambda(p-2)t}\int\limits_\Omega |v|^{q_1}\left|\frac{\partial v}{\partial t}\right|^2dx+a_0(p-1)(q_1+1)\int\limits_\Omega |v|^{p+q_1-2}\left|\frac{\partial v}{\partial t}\right|^2dx+$$

$$+\frac{\lambda^2(p-2)(q_1+1)}{q_1+2}e^{-\lambda(p-2)t}\int\limits_\Omega |v|^{q_1+2}\,dx-\frac{\lambda(q_1-p+2)}{2}e^{\lambda(q_1-p+2)t}\int\limits_\Omega |\nabla(|v|^{q_1}v)|^2\,dx+\qquad(16)$$

$$+e^{-\lambda(p-1)t}\int\limits_\Omega a(...)\cdot\frac{\partial}{\partial t}(|v|^{q_1}v)dx-(\varphi_1'(t)-\lambda(p+q_1)\varphi_1(t))e^{-\lambda(p+q_1-1)t}\int\limits_\Omega v\cdot\omega dx+$$

$$+a_0(\varphi_1'(t)-\lambda(p+q_1)\varphi_1(t))e^{-\lambda(q_1+1)t}\int\limits_\Omega |v|^{p-2}v\cdot\omega dx+e^{-\lambda(p-1)t}\varphi_1(t)\int\limits_\Omega |v|^{q_1}v\cdot\Delta\omega dx-$$

$$-e^{-\lambda(p+q_1)t}\varphi_1(t)\int\limits_\Omega a(x,t,e^{\lambda t}v,e^{\lambda t}\nabla v)\cdot\omega dx+e^{-\lambda(p+q_1-q_2-1)t}\varphi_1(t)\int\limits_\Omega |v|^{q_2}v\cdot\omega dx.$$

Оценим правую часть тождества (15):

$$\left|e^{-\lambda(p-1)t}\int_\Omega a(x,t,e^{\lambda t}v,e^{\lambda t}\nabla v)\cdot|v|^{q_1}\,v dx\right| \le a_1 e^{\lambda(s(q_1+1)-p+1)t}\int_\Omega|\nabla(|v|^{q_1}\,v)|^s\cdot|v|^{q_1+1}\,dx+$$

$$+a_2 e^{-\frac{\lambda(p-2)t}{2}}\int_\Omega|v|^{\frac{p}{2}}\cdot|v|^{q_1+1}\,dx\le$$

$$\le a_1 e^{-\frac{\lambda(p-2)(q_1+1)t}{q_1+2}}\left(\int_\Omega|v|^{q_1+2}\,dx\right)^{\frac{q_1+1}{q_1+2}}\cdot e^{-\frac{\lambda(q_1-p+2)t}{q_1+2}}\left(\int_\Omega|\nabla(|v|^{q_1}\,v)|^2\,dx\right)^{\frac{1}{q_1+2}}+ \tag{17}$$

$$+a_2 e^{-\frac{\lambda(p-2)t}{2}}\left(\int_\Omega|v|^{q_1+2}\,dx\right)^{\frac12}\left(\int_\Omega|v|^{p+q_1}\,dx\right)^{\frac12}\le$$

$$\le\frac{3q_1+q_2+4}{8(q_1+1)}e^{\lambda(q_1-p+2)t}\int_\Omega|\nabla(|v|^{q_1}\,v)|^2\,dx+C_1e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega|v|^{q_1+2}\,dx+$$

$$+\frac{a_0\lambda(p-1)(3q_1+q_2+4)}{2(p+q_1)}\int_\Omega|v|^{p+q_1}\,dx+C_2e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega|v|^{q_1+2}\,dx$$

Аналогичным образом оцениваются остальные слагаемые (15). Полученные оценки подставим в (15), тогда имеем

$$\frac12\frac{d\Psi_1(t)}{dt}\ge\left(2+\frac{q_2-q_1}{2(q_1+1)}\right)J(t)-\frac{(q_1+2)(C_1+C_2)}{2}\tilde{\tilde{\Psi}}_1(t)-D_0(t), \tag{18}$$

где

$$\tilde{\tilde{\Psi}}_1(t)\equiv\frac{2}{q_1+2}e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega|v|^{q_1+2}\,dx+\frac{2a_0(p-1)}{p+q_1}\int_\Omega|v|^{p+q_1}\,dx-$$

$$-a_0e^{-\lambda(q_1+1)t}\varphi(t)\int_\Omega|v|^{p-2}\,v\cdot\omega dx-e^{-\lambda(p+q_1-1)t}\varphi(t)\int_\Omega v\cdot\omega dx. \tag{19}$$

Теперь оценим правую часть (16):

$$\left|e^{-\lambda(p-1)t}\varphi_1(t)\int_\Omega|v|^{q_1}\,v\cdot\Delta\omega dx\right|\le N_1e^{-\lambda(p-1)t}\int_\Omega|v|^{q_1+1}\cdot|\Delta\omega|\,dx$$

$$\le N_1e^{-\lambda(p-1)t}\left(\int_\Omega|v|^{q_1+2}\,dx\right)^{\frac{q_1+1}{q_1+2}}\left(\int_\Omega|\Delta\omega|^{q_1+2}\,dx\right)^{\frac{1}{q_1+2}}= \tag{20}$$

$$=N_1e^{-\frac{\lambda(p-2)(q_1+1)t}{q_1+2}}\left(\int_\Omega|v|^{q_1+2}\,dx\right)^{\frac{q_1+1}{q_1+2}}e^{-\frac{\lambda(p+q_1)t}{q_1+2}}\left(\int_\Omega|\Delta\omega|^{q_1+2}\,dx\right)^{\frac{1}{q_1+2}}\le$$

$$\le\frac14e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega|v|^{q_1+2}\,dx+C_{10}e^{-\lambda(p+q_1)t}\int_\Omega|\Delta\omega|^{q_1+2}\,dx.$$

Аналогичным образом оцениваются остальные слагаемые (16). Найденные оценки положим в (16)

$$J(t) \geq J(0) + (q_1 + 1 - \bar{\varepsilon}_1)\int_0^t\int_\Omega e^{-\lambda(p-2)\tau} \mid v \mid^{q_1} \left|v_\tau\right|^2 dxd\tau + (a_0(p-1)(q_1+1) - \bar{\varepsilon}_2)\int_0^t\int_\Omega \mid v \mid^{p+q_1-2} \left|v_\tau\right|^2 dxd\tau +$$

$$+\left(\frac{\lambda(q_2 - p + 2)(q_1+1)}{q_1+q_2+2} - 1\right)\int_0^t G(\tau, v)d\tau - a_4\int_0^t\int_\Omega e^{\lambda(q_1-p+2)\tau} \mid \nabla(\mid v \mid^{q_1} v) \mid^2 dxd\tau - \tag{21}$$

$$-\frac{a_3(q_1+2)}{4}\int_0^t \Psi_1(\tau)d\tau - D_1.$$

Запишем тождество (12) используя обозначения (14) следующем виде:

$$\frac{1}{2}\frac{d\Psi_1(t)}{dt} + Lv = G(t,v) - \int_\Omega e^{-\lambda(p-1)t} a(x,t,e^{\lambda t}v, e^{\lambda t}\nabla v)\cdot \mid v \mid^{q_1} v dx -$$

$$-e^{-\lambda(p+q_1-1)t}\varphi_4(t)\int_\Omega v\cdot\omega dx - a_0 e^{-\lambda(q_1+1)t}\varphi_4(t)\int_\Omega \mid v \mid^{p-2} v\cdot\omega dx - \tag{22}$$

$$-e^{-\lambda(p-1)t}\varphi(t)\int_\Omega \mid v \mid^{q_1} v\cdot\Delta\omega dx + e^{-\lambda(p+q_1)t}\varphi(t)\int_\Omega a(...)\cdot\omega dx - e^{-\lambda(p+q_1-q_2-1)t}\varphi(t)\int_\Omega \mid v \mid^{q_2} v\cdot\omega dx$$

Оценивая правую часть (22), и проинтегрируем по времени от 0 до t, получим

$$\int_0^t\int_\Omega e^{\lambda(q_1-p+2)\tau} \mid \nabla(\mid v \mid^{q_1} v) \mid^2 dxd\tau \leq \Psi_1(0) + 4\int_0^t G(\tau,v)d\tau +$$

$$+(q_1+2)(C_{16}+C_{17})\int_0^t \overline{\Psi}(\tau)d\tau + a_5\overline{\overline{\Psi}}(t) + 2D_2. \tag{23}$$

Применяя в неравенство (21) оценку (23), получим:

$$J(t) \geq (q_1 + 1 - \bar{\varepsilon}_1)\int_0^t\int_\Omega e^{-\lambda(p-2)\tau} \mid v \mid^{q_1} \left|\frac{\partial v}{\partial\tau}\right|^2 dxd\tau +$$

$$+(a_0(p-1)(q_1+1) - \bar{\varepsilon}_2)\int_0^t\int_\Omega \mid v \mid^{p+q_1-2} \left|\frac{\partial v}{\partial\tau}\right|^2 dxd\tau - \tag{24}$$

$$-\frac{a_3(q_1+2)}{4}\int_0^t \Psi_1(\tau)d\tau - a_4(q_1+2)(C_{16}+C_{17})\int_0^t \overline{\Psi}(\tau)d\tau -$$

$$-a_5 a_4\overline{\overline{\Psi}}(t) + D_3.$$

В неравенство (18) используем полученную оценку (24), тогда

$$\Psi_2''(t) \geq (q_1 + 1 - \bar{\varepsilon}_1)\frac{3q_1+q_2+4}{q_1+1}\int_0^t\int_\Omega e^{-\lambda(p-2)\tau} \mid v \mid^{q_1} \left|v_\tau\right|^2 dxd\tau +$$

$$+(a_0(p-1)(q_1+1) - \bar{\varepsilon}_2)\frac{3q_1+q_2+4}{q_1+1}\int_0^t\int_\Omega \mid v \mid^{p+q_1-2} \left|v_\tau\right|^2 dxd\tau - \tag{25}$$

$$-a_6\Psi_2(t) - a_7\Psi_2(t) - (q_1+2)(C_1+C_2)\Psi_2'(t) -$$

$$-2D_0(t) + \frac{3q_1+q_2+4}{q_1+1}D_3 + (a_6+a_7)\left(\frac{\sigma}{2(p+q_1)} + C_{23}\right).$$

Где

$$\Psi_2(t)=\frac{2}{q_1+2}\int_0^t\int_\Omega e^{-\lambda(p-2)\tau}\,|v|^{q_1+2}\,dxd\tau+\frac{2a_0(p-1)}{p+q_1}\int_0^t\int_\Omega |v|^{p+q_1}\,dxd\tau+\frac{\sigma}{2(p+q_1)}+C_{23},$$

$$\Psi_2'(t)=\frac{2}{q_1+2}\int_\Omega e^{-\lambda(p-2)t}\,|v|^{q_1+2}\,dx+\frac{2a_0(p-1)}{p+q_1}\int_\Omega |v|^{p+q_1}\,dx,$$

$$\Psi_2''(t)=\frac{d}{dt}\left[\frac{2}{q_1+2}\int_\Omega e^{-\lambda(p-2)t}\,|v|^{q_1+2}\,dx+\frac{2a_0(p-1)}{p+q_1}\int_\Omega |v|^{p+q_1}\,dx\right],$$

$$J_2(t)=\int_0^t\int_\Omega e^{-\lambda(p-2)\tau}\,|v|^{q_1}\left|\frac{\partial v}{\partial\tau}\right|^2 dxd\tau+a_0(p-1)\int_0^t\int_\Omega |v|^{p+q_1-2}\left|\frac{\partial v}{\partial\tau}\right|^2 dxd\tau+\sigma,$$

где $C_{23}>0,\ \ \sigma=\dfrac{2}{q_1+2}\displaystyle\int_\Omega |u_0|^{q_1+2}\,dx+\frac{2a_0(p-1)}{p+q_1}\int_\Omega |u_0|^{p+q_1}\,dx$.

Соотношения $\Psi_2'(t)$ через $\Psi_2(t)$ и $J_2(t)$, имеет вид

$$\Psi_2(t)J_2(t)\ge\frac{1}{2(p+q_1)}[\Psi_2'(t)]^2. \tag{26}$$

Если в неравенстве (25) положим $\bar\varepsilon_1=(q_1+1)\varepsilon,\ \bar\varepsilon_2=a_0(p-1)(q_1+1)\varepsilon$, находим

$$\Psi_2''(t)\ge(1-\varepsilon)(3q_1+q_2+4)\int_0^t\int_\Omega e^{-\lambda(p-2)\tau}\,|v|^{q_1}\left|\frac{\partial v}{\partial\tau}\right|^2 dxd\tau+$$

$$+a_0(p-1)(1-\varepsilon)(3q_1+q_2+4)\int_0^t\int_\Omega |v|^{p+q_1-2}\left|\frac{\partial v}{\partial\tau}\right|^2 dxd\tau-$$

$$-(a_6+a_7)\Psi_2(t)-(q_1+2)(C_1+C_2)\Psi_2'(t)-$$

$$-2D_0(t)+\frac{3q_1+q_2+4}{q_1+1}D_3+(a_6+a_7)\left(\frac{\sigma}{2(p+q_1)}+C_{23}\right).$$

Умножим полученное неравенство на $\Psi_2(t)$ и учитывая (26), тогда имеем

$$\Psi_2''(t)\Psi_2(t)-(1-\varepsilon)\frac{3q_1+q_2+4}{2(p+q_1)}\left[\Psi_2'(t)\right]^2\ge-(a_6+a_7)\Psi_2^2(t)-$$

$$-(q_1+2)(C_1+C_2)\Psi_2'(t)\Psi_2(t)+$$

$$+\left[\frac{3q_1+q_2+4}{q_1+1}D_3-2D_0(t)-(1-\varepsilon)(3q_1+q_2+4)\sigma\right]\Psi_2(t)+ \tag{27}$$

$$+(a_6+a_7)\left(\frac{\sigma}{2(p+q_1)}+C_{23}\right)\Psi_2(t).$$

Если поставить $\varepsilon=\dfrac{q_1-p+2}{3q_1+q_2+4}$ в соотношение (27), то она запишется виде

$$\Psi_2''(t)\Psi_2(t)-(1+\alpha)\left[\Psi_2'(t)\right]^2\ge-(a_6+a_7)\Psi_2^2(t)-(q_1+2)(C_1+C_2)\Psi_2'(t)\Psi_2(t)+$$

$$+\left[\frac{3q_1+q_2+4}{q_1+1}D_3-2D_0(t)-(1-\varepsilon)(3q_1+q_2+4)\sigma\right]\Psi_2(t)+(a_6+a_7)\left(\frac{\sigma}{2(p+q_1)}+C_{23}\right)\Psi_2(t). \tag{28}$$

Нужно подобрать $C_{23}>0$ таким образом, чтобы выполнялось следующее неравенство

$$C_{23}\ge-\frac{\sigma}{2(p+q_1)}+\frac{2D_0+(2q_1+q_2+p+2)\sigma-\dfrac{3q_1+q_2+4}{q_1+1}D_3}{a_6+a_7}$$

тогда неравенство (28) сводится к виду

$$\Psi_2''(t)\Psi_2(t)-(1+\alpha)\left[\Psi_2'(t)\right]^2 \geq -(a_6+a_7)\Psi_2^2(t)-(q_1+2)(C_1+C_2)\Psi_2'(t)\Psi_2(t). \quad (29)$$

Из условии леммы $\Psi_2'(0)+\gamma_2\alpha^{-1}\Psi_2(0)>0$, то есть, при выполнении условия

$$-\gamma_2\alpha^{-1}\left(\frac{\sigma}{2(p+q_1)}+C_{23}\right)<\frac{2}{q_1+2}\int_\Omega |u_0|^{q_1+2}\,dx+\frac{2a_0(p-1)}{p+q_1}\int_\Omega |u_0|^{p+q_1}\,dx$$

решение обратной задачи при конечном времени разрушается.

Тем самым доказали нашу теорему.

Список использованной литературы

1 Ж.-Л. Лионс, Некоторые методы решения нелинейных краевых задач, М: Мир, 1972. -588с.

2 P.A. Raviart Sur la r´esolution de certaines ´equations paraboliques non lin´eaires // J. Functional Analysis. -1970. -Vol.5(2). -P.299–328.

3 А.В. Иванов Квазилинейные параболические уравнения, допускающие двойное вырождение //Алгебра и анализ. -Т.4(6). -С.114–130.

4 Г.И. Лаптев Слабые решения квазилинейных параболических уравнений вто- рого порядка с двойной нелинейностью // Матем. сб. -1997. Т.188, №9. -С. 83–112.

5 A. Bamberger Etude d'une equation doublement non lineaire // J. Funct. Anal. -1977. -Vol. 24. -P. 148– 155.

6 М. О. Корпусов Разрушение решений уравнения теплопроводности с двойной нелинейностью // ТМФ. -2012. Т. 172(3). -С. 339–343.

7 Корпусов М.О. О разрушении решений класса параболических уравнений с двойной нелинейностью // Математический сборник. -2013. -Т.204, №3. -С.19-42.

8 H.A. Levine, S.R. Park, J. Serrin Global existence and nonexistence theorems for quasilinear evolution equations of formally parabolic type // J. Differential Equations. -1998. -Vol.142(1). -P.212–229.

9 A. Samarskii, V. Galaktionov, S. Kurdyumov, and A. Mikhailov, Blow-up in quasilinear parabolic equations", De Gruyter, Berlin, 1995. -538p.

10 A.B. Al'shin, M.O. Korpusov, A.G. Sveshnikov, Blow-up in nonlinear Sobolev type equations, De Gruyter Ser. Nonlinear Anal. Appl., 2011. -648p.

11 Prilepko A.I., Orlovsky D.G., Vasin I.A. Method for Solving Inverse Problems in Mathematical Physics. – Marcel Dekker: Monograths and Textbooks in Pure and Applied Mathematics. -2000. -709p.

12 A. G. Ramm, Inverse problems, Mathematical and Analytical Techniques with Applications to Engineering, Springer, New York, 2005. -442p.

13 R. Riganti, E. Savateev, Solution of an inverse problem for the nonlinear heat equation // Commun. Partial Differ. Equations. -1994. -Vol.19. -P. 1611–1628.

14 Васин И.А. О существовании и единственности обобщенного решения обратной задачи для нелинейной нестационарной системы Навье–Стокса в случае интегрального переопределения // Математические заметки. – 1993. – Т. 54, №4. – С. 34–44.

15 Прилепко А.И., Васин И.А. Исследование вопросов единственности решений в некоторых нелинейных обратных задачах гидродинамики // Дифференциальные уравнения. – 1990. – Т. 26, № 1. – С. 109–120.

16 Abylkairov U. U., Aitzhanov S. E. Inverse problem for non-stationary system of magnetohydrodynamics // Boundary Value Problems. -2015: 173 doi: 10.1186/s13661-015-0438-x.

17 Abylkayrov U. U., Aitzhanov S. E., Zhapsarbayeva L. K.Solvability of the inverse problem for a heat convection system with integral condition of overdetermination // Applied Mathematical Sciences. –2015. –Vol. 9, № 49. –P. 2403-2421.

18 A Eden, V K Kalantarov On global nonexistence of solutions to an inverse problem for semilinear parabolic equations // J. Math. Anal. Appl. -2005. -Vol.307. -P.120-133.

19 S.Gur, M.Yaman, Y.Yılmaz Finite time blow up of solutions to an inverse problem for a quasilinear parabolic equation with power nonlinearity // J. Nonlinear Sci. Appl. -2006. -Vol.9, 1902–1910.

20 В. К. Калантаров, О. А. Ладыженская, "О возникновении коллапсов для квазилинейных уравнений параболического и гиперболического типов" // Зап. научн. сем. ЛОМИ. -1977. -Т.69. -С. 77–102.

УДК 29.03.21: 378
ГРНТИ 53.082.6; 536.5: 14.35.07

А.С. Аскарова[1], С.А. Болегенова[2], С.А. Болегенова[3], И.Э. Березовская[4], М.Т. Бекетаева[5]

ПРОВЕДЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ФИЗИКЕ ГОРЕНИЯ В ВЫСШЕМ УЧЕБНОМ ЗАВЕДЕНИИ

[1,2] д.ф.-м.н., профессор, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
[3,4,5] PhD, старший преподаватель, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

Аннотация

Высшее учебное заведение – это учебное учреждение, где помимо подготовки высококвалифицированных кадров по специальностям, проводятся исследования в различных областях науки и техники. Ухудшение окружающей среды, в частности атмосферное загрязнение мегаполисов производственными и транспортными средствами, ставит перед собой цель детального изучения процессов горения в промышленных отраслях. В стенах университета во время учебного процесса и в качестве выпускных работ студентами проводятся исследования процессов горения различных топлив. Полученные результаты позволяют определить оптимальные параметры горения, предложить технологические и конструктивные решения, которые в свою очередь могут решить частично или полностью проблему минимизации вредных выбросов и эффективного сжигания углеводородного топлива.

Ключевые слова: горение, испарение, распределение, жидкое топливо, массоперенос.

Андатпа
А.С. Аскарова[1], С.А. Болегенова[2], С.А. Болегенова[3], И.Э. Березовская[4], М.Т. Бекетаева[5]

ЖОҒАРЫ ОҚУ ОРЫНДАРЫНДА ЖАНУ ФИЗИКАСЫ БОЙЫНША САНДЫҚ ТӘЖІРИБЕЛЕРДІ ЖҮРГІЗУ

[1,2] ф.м.ғ.д., профессор, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[3,4,5] PhD, аға оқытушы, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

Жоғары оқу орны – бұл мамандықтар бойынша жоғары квалификациялы мамандар даярлап қана қоймай, ғылым мен техниканың түрлі салаларында зерттеулер жүргізетін білім беру ошағы болып табылады. Қоршаған ортаның күйінің нашарлауы, оның ішінде мегаполистердің өндірістік және транспорттық әсерден атмосфералық ластануы өз алдына өндірістік салалардағы жану процесін егдей-тегжейлі зерттеуді мақсат етеді. Университет қабырғасында оқу үдерісі кезінде, сонымен қоса студенттердің бітіру жұмыстары ретінде түрлі жанғыш отындардың жану процесіне қатысты зерттеулер орындалады. Алынған нәтижелер жанудың оптималды параметрлерін анықтауға және көмірсутекті отынды жағудың эффективті әдісін анықтауға, сол арқылы зиянды қалдықтарды кемітуге байланысты мәселелерді толықтай немесе ішінара шешуге жәрдемдесетін технологиялық және конструктивті шешімдерді ұсынуға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: жану, булану, таралу, сұйық отын, масса тасымалдану.

Abstract

HOLDING A NUMERICAL EXPERIMENTS ON COMBUSTION PHYSICS IN HIGHER EDUCATION

Askarova A.S.[1], Bolegenova S.A.[2], Bolegenova S.A.[3], Berezovskaya I.E.[4], Beketayeva M.T.[5]
[1,2] Dr. Sci. (Phys-Math), Professor, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
[3,4,5] PhD, Senior Lecturer, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

Institution of higher education - is an educational institution, where in addition to training highly qualified personnel in the field, carried out research in various fields of science and technology. The deterioration of the environment, particularly atmospheric pollution of cities by industrial and transport vehicles, aims to detailed study of combustion processes in the industrial sectors. Within the walls of the university, during the educational process and as final papers, students conduct research on the burning processes of various fuels. The obtained results allow determining the optimal parameters of combustion, to offer technological and constructive solutions, which in turn can solve partially or completely the problem of minimizing harmful emissions and efficient combustion of hydrocarbon fuel.

Key words: combustion, evaporation, distribution, liquid fuel, masstransfer.

Введение

В целях подготовки квалифицированных инженеров в области теплофизики студенты изучают курс физики горения различных топлив. Численное моделирование горения топлива является сложной задачей, так как требует учета большого количества сложных взаимосвязанных процессов и явлений: многоступенчатые цепные химические реакции, перенос импульса, тепла и массы путем конвекции, молекулярный перенос, излучение, турбулентность, испарение жидких капель и т.д. [1-3].

Поэтому компьютерное моделирование становится все более важным элементом исследования процессов горения и проектирования различных устройств, использующих процесс горения. Однако говорить о полной замене экспериментальных исследований численными расчетами было бы неправильно, здесь речь идет о подходах к исследованию, которые должны взаимно дополнять друг друга.

Методика исследования

В данной работе исследуется процесс гомогенного горения распыленного топлива. Капли жидкого топлива очень быстро испаряются, пары топлива смешиваются с окислителем (воздухом в камере сгорания), так данная смесь воспламеняется и очень быстро (4 мс) сгорает. Ввиду того, что лабораторный курс дисциплины сложно поставить в стенах университета, работы были разработаны для виртуального вычислительного эксперимента [4-6], который позволяет полностью описывать процесс горения, с учетом полей концентраций, температуры, летучих компонентов, также концентрации вредных выбросов [7-10].

Математическая модель задачи о горении впрыска топлива включает в себя уравнение неразрывности для компоненты m (1), уравнение импульса (2), уравнение энергии (3), уравнения k-ε модели турбулентности (4-5), Закон сохранения концентрации компоненты (6) [6-8]:

$$\frac{\partial \rho_m}{\partial t} + \vec{\nabla}(\rho_m \vec{u}) = \vec{\nabla}\left[\rho D \vec{\nabla}\left(\frac{\rho_m}{\rho}\right)\right] + \dot{\rho}_m^c + \dot{\rho}^s \delta_{m1}, \quad (1)$$

где ρ_m – это массовая плотность компоненты m, ρ - полная массовая плотность, u – скорость жидкости.

$$\frac{\partial(\rho\vec{u})}{\partial t} + \vec{\nabla}(\rho\vec{u}\vec{u}) = -\frac{1}{a^2}\vec{\nabla}\mathrm{p}\text{-}\mathrm{A}_0\vec{\nabla}(\tfrac{2}{3}\rho k) + \vec{\nabla}\vec{\sigma} + \vec{F}^s + \rho\vec{g}, \quad (2)$$

где p – давление жидкости.

$$\frac{\partial(\rho\vec{I})}{\partial t} + \vec{\nabla}(\rho\vec{u}\vec{I}) = -\rho\vec{\nabla}\vec{u} + (1-A_0)\vec{\sigma}\vec{\nabla}\vec{u} - \vec{\nabla}\vec{J} + A_0\rho\varepsilon + \dot{Q}^c + \dot{Q}^s, \quad (3)$$

$$\frac{\partial\rho k}{\partial t} + \vec{\nabla}\cdot(\rho\vec{u}k) = -\frac{2}{3}\rho k\vec{\nabla}\cdot\vec{u} + \sigma\cdot\nabla\vec{u} + \vec{\nabla}\cdot\left[\left(\left(\frac{\mu}{\mathrm{Pr}_k}\right)\vec{\nabla}k\right)\right] - \rho\varepsilon + \dot{W}^s, \quad (4)$$

$$\frac{\partial\rho\varepsilon}{\partial t} + \vec{\nabla}\cdot(\rho\vec{u}\varepsilon) = -(\frac{2}{3}c_{\varepsilon 1} - c_{\varepsilon 2})\rho\varepsilon\vec{\nabla}\cdot\vec{u} + \vec{\nabla}\cdot\left[\left(\left(\frac{\mu}{\mathrm{Pr}_\varepsilon}\right)\vec{\nabla}\varepsilon\right)\right] + \frac{\varepsilon}{k}\left[c_{\varepsilon 1}\vec{\sigma}\vec{\nabla}\vec{u} - c_{\varepsilon 2}\rho\varepsilon + c_s\dot{W}^s\right], \quad (5)$$

$$\frac{\partial(\rho c_m)}{\partial t} = -\frac{\partial(\rho c_m u_i)}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i}\left(\rho D_{c_m}\cdot\frac{\partial c_m}{\partial x_i}\right) + S_m \quad (6)$$

Процессы сгорания углеводородных жидких топлив изучаются при проведении лабораторных работ с помощью вычислительных прикладных программ. В работах даются подробные описания алгоритма действий, а также методика проведения исследований. Для исследований можно проводить эксперименты с изменением начальных входных параметров.

В предложенной работе был проведен вычислительный эксперимент по горению различного жидкого топлива, определить поля температуры во время сгорания, а также концентрационные характеристики продуктов сгорания. Для данной цели в работе рассматривается камера сгорания,

которая имеет форму цилиндра. Радиус R=2 см и высота камеры H=15 см. Объем заполнен воздухом с температурой T=900 K и давлением P=32 Бара. Жидкое топливо впрыскивается в камеру сгорания через круглое сопло, которое расположено в центре нижней части камеры. Угол впрыска также задается начальными условиями.

Известно, что жидкое топливо после впрыска быстро испаряется и пары топлива смешиваются с окислителем. Тем самым само сгорание осуществляется в газовой фазе. Процесс горения жидкого топлива является быстро протекающим, его длительность составляет в среднем 4 мс. Все данные после вычисления могут быть представлены в графическом виде, также в виде анимации. Все расчеты выполняются каждым студентом индивидуально, что минимизирует такие факты как использование чужих данных, также учит студентов к самостоятельному решению поставленной задачи.

Результаты эксперимента

Распределение средней температуры в камере сгорания при горении трех видов топлива (бензена, гептана и тетрадекана) показывает, что максимальным значением температуры отличается процесс горения бензена: камера прогревается до 2600 K (рис. 1); ; для гептана и тетрадекана средние температуры в камере соответственно достигают 1700 и 1500 K. Остальная часть камеры сгорания прогревается до 1000 K в случае горения бензена и до 1200 K при сжигании гептана и тетрадекана.

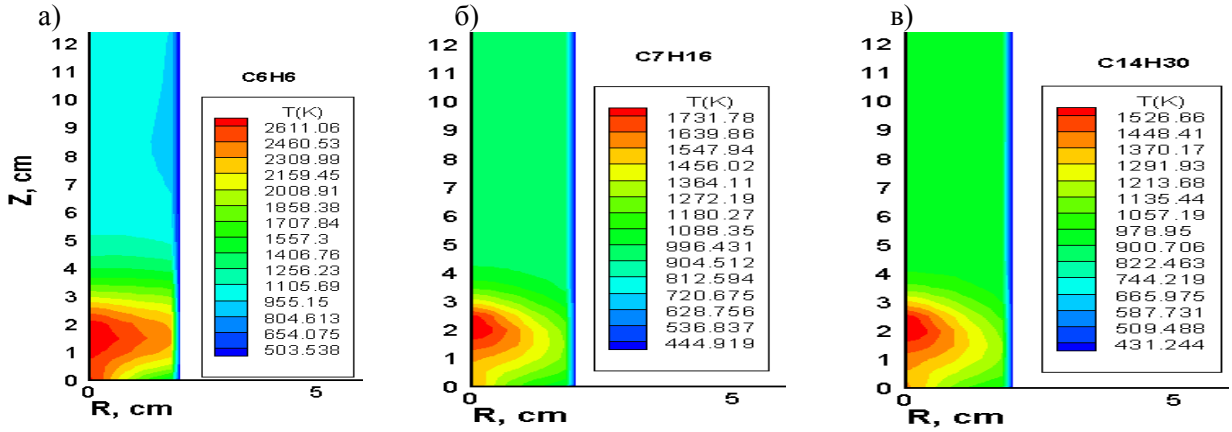


Рисунок 1. Средняя температура в камере сгорания при горении:
а) бензена, б) гептана, в) тетрадекана

На рисунках 2-4 представлены результаты численного эксперимента по горению трех видов топлива с учетом образования и окисления сажи в развитой турбулентности: на графиках представлены средние поля концентрации компонентов реакции.

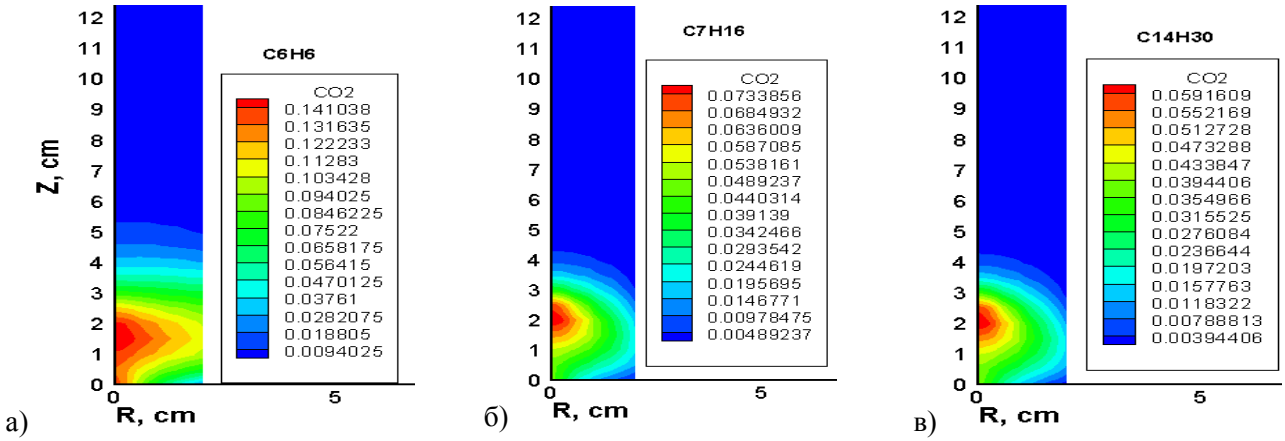


Рисунок 2. Средняя концентрация углекислого газа CO_2 в камере сгорания при горении:
а) бензена, б) гептана, в) тетрадекана

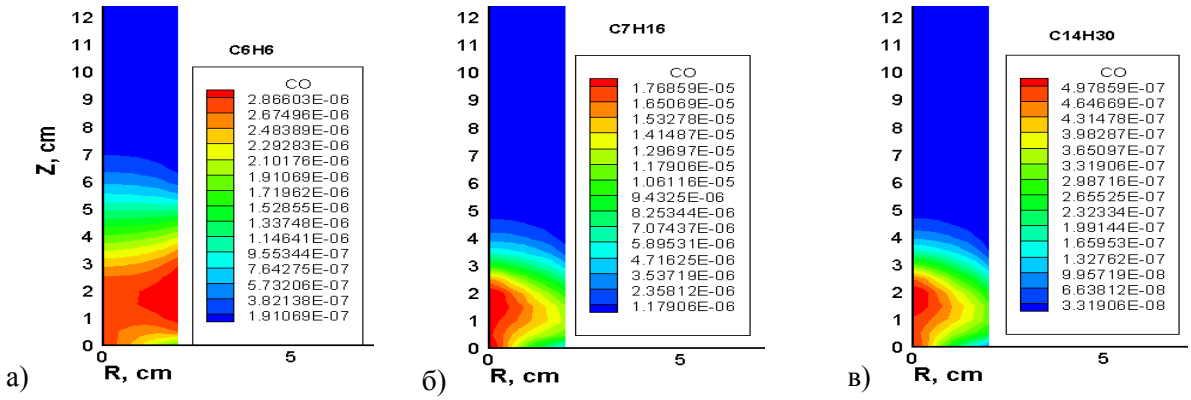


Рисунок 3. Средняя концентрация окиси углерода CO в камере сгорания при горении: а) бензена, б) гептана, в) тетрадекана

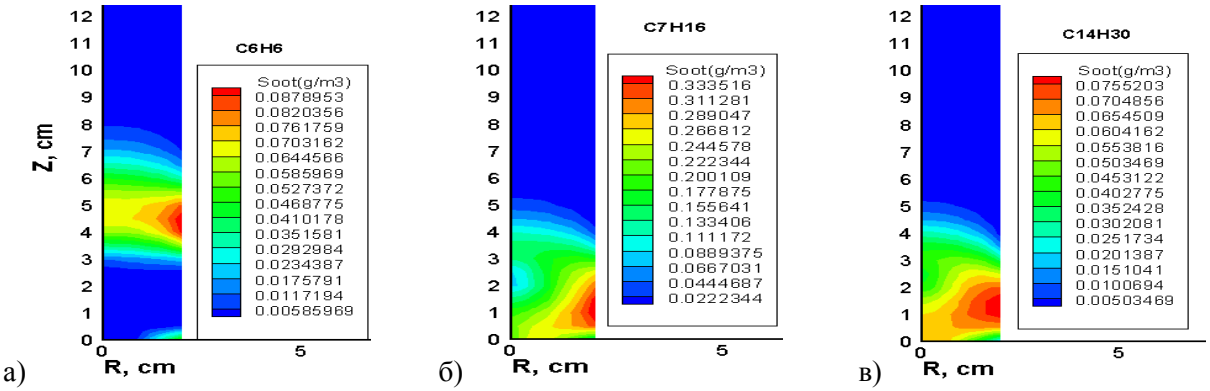


Рисунок 4. Средняя концентрация сажи в камере сгорания при горении: а) бензена, б) гептана, в) тетрадекана

Рисунок 2 представляет среднюю концентрацию углекислого газа в камере сгорания для трех видов жидкого топлива (бензена, гептана, тетрадекана). Для трех исследуемых видов топлива интенсивное образование углекислого газа происходит на оси камеры сгорания в области до 2 см по высоте камеры. Наибольшее значение образующегося в результате горения бензена равно 0,1410 г/г (рис. 2 а). При горении гептана концентрация углекислого газа принимает максимальное значение 0,0733 г/г (рис. 2 б). Соответственно, для тетрадекана концентрация углекислого газа в камере сгорания достигает максимального значения 0,0592 г/г (рис. 2 в).

На рисунке 3 представлена средняя концентрации окиси углерода для бензена, гептана, тетрадекана, соответственно. Концентрация образующегося угарного газа имеет небольшое значение из-за того, что масса впрыскиваемого в камеру сгорания жидкого топлива очень мала (18, 8 и 6 мг). Средняя концентрация угарного газа, образующегося при горении трех видов жидкого топлива не превышает значение $1{,}8 \cdot 10^{-5}$ г/г. Большая часть окиси углерода затем догорает до углекислого газа CO_2.

Образование сажи при горении трех исследуемых видов жидкого топлива представлено на рисунке 4. Анализ рисунка 4 показывает, что наибольшая концентрация сажи образуется при горении гептана и равна 0,3335 г/м^3. При горении тетрадекана значение концентрации образующейся сажи наименьшее (рис. 4 в).

В данной работе через численный эксперимент были определены средняя температура, средняя концентрация окиси углерода CO и углекислого газа CO_2, также средняя концентрация сажи в камере сгорания при горении углеводородных топлив (бензен, гептан и тетрадекан). Из вышеприведенных графиков можно сделать вывод о том, что чем больше молекулярный вес углеводородного топлива тем выше его температура горения, и тем больше выделяется при этом углекислого газа. В то время как для данных топлив оксид углерода и сажа больше всего выделяется при сжигании гептана. Это можно объяснить тем, что оксид углерода и сажа являются продуктами неполного сгорания и их формирование зависит прежде всего от теплофизических характеристик топлива, от скорости реакций и от механизма химических превращений.

Заключение

Таким образом, по анализу проделанной работы в целом можно сделать заключение о протекающих процессах в камерах сгорания, использующие жидкое топливо, о параметрах веществ при горении, что трудно было бы узнать экспериментальным методом. Таким образом, вычислительный эксперимент является наиболее эффективным и малозатратным при изучении процессов горения. По данным, полученным в ходе эксперимента, можно сделать предложения по использованию того или иного топлива в заранее определенном случае, найти их оптимальные параметры.

Список использованной литературы

1 Gorokhovski M., Chtab-Desportes A., etc. Stochastic simulation of the spray formation assisted by a high pressure // AIP Conference Proceedings. – Xian, 2010. – V. 1207. – P. 66-73.

2 Chatwani A., Bracco F. Computation of dense spray jets // ICLASS-85. – 1985. – V. 1. – P.1-12.

3 Anderson J.D. Computational fluid dynamics: the basics with applications. Dep. Of Aerospace Engineering, University of Maryland, 1995. – 562 c.

4 Amsden A.A., O'Kourke P.J., Butler T.D. KIVA-II: A computer program for chemically reactive flows with sprays. – Los Alamos, 1989. – 160 c.

5 Gorokhovski M., Borghi R. Model of soot formation and oxidation in diesel engines // Journal of diesels, Transactions of SAE. – 1993, 930075. – P.3-15.

6 Bracco F.V. Modeling of engine sprays, SAE Paper 850394. – 1985. – P.113-136.

7 Аскарова А., Гороховски М., Локтионова И., Рыспаева М. Горение жидких топлив в камере сгорания // Известия НАН РК, серия физико-математическая. – 2006. – №3. – С.15-20.

8 Askarova A., Voloshina I., Ryspayeva M. Numerical study of mass influence on the process of combustion of liquid fuel spray // Abstracts of V-th International conference "Problems of industrial heat engineering", Kiev, Ukraine, 2007. – P.27-28.

9 Аскарова А.С, Рыспаева М.Ж. Расчет горения впрыска жидкого топлива в замкнутой камере // Вестник КазНУ, серия физическая. – 2006. – № 1. – С. 74-78.

10 Reitz R.D., Diwakar R. Structure of High Pressure Fuel Sprays, SAE Technical Paper 870598. – 1987. – Vol. 96. – P. 492-509.

УДК 517.9
ГРНТИ 27.39.27

Н.К. Аширбаев[1], Р.Б. Бекмолдаева[2], П.С. Дуйсебаева[3], А.М. Полатбек[4], J. Banaś[5]

[1]д.ф.-м.н.,профессор, Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан
[2]к.п.н.,,доцент, Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан
[3]ст. преподаватель, Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан
[4]ст. преподаватель, Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан
[5] Department of Mathematics, Rzeszтow University of Technology, Poland

О СУЩЕСТВОВАНИИ РЕШЕНИЯ КВАДРАТИЧНОГО ИНТЕГРАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ УРЫСОНА НА НЕОГРАНИЧЕННОМ ИНТЕРВАЛЕ

Аннотация

В статье рассмотрено квадратичное интегральное уравнение вида $x(t) = a(t) + f(t, x(t))\int_0^\infty u(t, s, x(s))ds, t \in R_+ = [0, \infty)$ - уравнение Урысона. Интегральные уравнения такого типа содержат в себе много функциональных и интегральных уравнений, рассматриваемых в нелинейном анализе. В статье приведены некоторые факты, касающихся мер некомпактности. Интегральное уравнение Урысона рассматривается в банаховом пространстве $BC(R_+)$, состоящем из вещественных функций, определенных, непрерывных и ограниченных на R_+. Показаны, что при достаточно общих предположениях интегральное уравнение Урысона имеет непрерывное и ограниченное решение на интервале R_+, которое обращается в нуль

на бесконечности. Определены меры некомпактности в пространстве BC(R_+). Результат исследования в статье сформулирован теоремой и приведено доказательство теоремы о существовании решения квадратичного интегрального уравнения Урысона в банаховом пространстве BC(R_+).

Ключевые слова: разрешимость, непрерывная, ограниченная, компактность, существование, интегральное уравнение Урысона.

Аңдатпа

Н.К. Аширбаев[1], Р.Б. Бекмолдаева[2], П.С. Дуйсебаева[3], А.М. Полатбек[4], Ж. Банас[5]

УРЫСОН КВАДРАТТЫҚ ИНТЕГРАЛДЫҚ ТЕҢДЕУІНІҢ ШЕКСІЗ АРАЛЫҚТА ШЕШІМІНІҢ БАР БОЛУЫ

[1]ф.-м.г.д., М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университетінің профессоры, Шымкент қ,., Қазахстан

[2]п.г.к., М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университетінің доценті, Шымкент қ,., Қазахстан

[3] М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университетінің аға оқытушысы, Шымкент қ., Қазахстан

[4] М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университетінің аға оқытушысы, Шымкент қ., Қазахстан

[5]Жешув политехникалық университетінің профессоры, Польша

Мақалада төмендегі квадраттық интегралдық $x(t)=a(t)+f(t,x(t))\int_0^{\infty}u(t,s,x(s))ds,\ t\in R_+=[0,\infty)$ Урысон теңдеуі қарастырылған. Мұндай түрдегі интегралдық теңдеулер сызықтық емес талдауда қарастырылатын өте көптеген функционалдық және интегралдық теңдеулерді қамтиды. Мақалада компактылы емес өлшемге қатысты біршама ақпараттар келтірілген. Урысон интегралдық теңдеуі R+ анықталған, үзіліссіз, және шенелген нақты функциядан тұратын BC(R+) банах кеңістігінде қарастырылады.Жалпы тұжырымдау барысында Урысон интегралдық теңдеуінің R+ интервалында үзіліссіз және шенелген шешімі бар екендігі және шексіздікте нөлге ұмтылатындығы көрсетілді. BC(R+) кеңістігінде компактылы емес өлшемі анықталды. Мақалада зерттеу нәтижесі теорема түрінде қарастырылған және Урысон квадраттық интегралдық теңдеуінің BC(R+) банах кеңістігінде шешімі бар болуы туралы теореманың дәлелдеуі келтірілген.

Түйін сөздер: шешімділігі, үзіліссіз, шенелген, компактылы, бар болуы, Урысонның интегралдық теңдеуі.

Abstract

ABOUT THE EXISTENCE OF THE URYSOHN QUADRATIC INTEGRAL EQUATION SOLUTION ON THE UNLIMITED INTERVAL

N.K.Ashirbayev[1], R. B. Bekmoldaeva[2], P.S.Duisebayeva[3], A.M.Polatbek[4] *, J. Banaś[5]*

[1]Dr.Sci(Phys.-Math), Professor of M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent,

[2]Cand.Sci(Ped), Assoc. Professor of M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent,

[3]Senior lecturer of M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan,

[4]Senior lecturer of M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

[5] Department of Mathematics, Rzeszrow University of Technology, Poland

In this paper we consider a quadratic integral equation of the form $x(t)=a(t)+f(t,x(t))\int_0^{\infty}u(t,s,x(s))ds,\ t\in R_+=[0,\infty)$ - the Urysohn equation. Integral equations of this type contain many functional and integral equations, considered in nonlinear analysis. In the article some facts concerning measures of non-compactness are shown. The Urysohn integral equation is considered in the Banach space BC (R +) consisting of real functions, defined, continuous and bounded on R +. It is shown that, under sufficiently general assumptions, the Urysohn integral equation has a continuous and bounded solution on the interval R +, which vanishes at infinity. Measures of noncompactness in the space BC (R +) are defined. The result of the investigation in the paper is formulated by the theorem and the proof of the theorem about the existence of the quadratic Urysohn integral equation solution in the Banach space BC (R +) is given.

Key words: solvability, continuous, bounded, compactness, existence, the Urysohn integral equation.

Многие реальные проблемы могут быть описаны и проанализированы с помощью линейных и нелинейных интегральных уравнений [1-9]. Среди нелинейных интегральных уравнений уравнения типа Урысона относятся к числу наиболее общих и применимых из них. Исследуем разрешимость интегрального уравнения Урысона на неограниченном интервале. Для того, чтобы обеспечить

общность наших исследований, рассмотрим квадратичное интегральное уравнение Урысона, имеющее вид

$$x(t) = a(t) + f(t, x(t))\int_0^\infty u(t, s, x(s))ds,\ t \in R_+ = [0, \infty) \qquad (1)$$

Интегральные уравнения такого типа содержат в себе много функциональных и интегральных уравнений, рассмотренных в нелинейном анализе. Например, интегральное уравнение Урысона вида

$$x(t) = a(t) + \int_0^T u(t, s, x(s))ds$$

на ограниченном интервале и интегральное уравнение Урысона на неограниченном интервале

$$x(t) = a(t) + \int_0^\infty u(t, s, x(s))ds\,.$$

Они являются частными случаями уравнения (1).

Пусть (E, $\|\cdot\|$) вещественное банахово пространство с нулевым элементом θ. Обозначим через $B(x,r)$ замкнутый шар с центром в точке x и с радиусом r. Для обозначения шара $B(\theta,r)$ будем использовать запись B_r.

Если X является подмножеством E, то символы $\overline{X}$, ConvX означают соответственно замыкание и выпуклое замыкание X. Семейство всех непустых и ограниченных подмножеств E будем обозначать через M_E, а его подсемейство, состоящее из всех относительно компактных множеств обозначается через N_E. Следуя [4] принимаем следующее определение меры некомпактности.

Определение 1. Отображение μ: $M_E \to R_+$ называется мерой некомпактности, если оно удовлетворяет следующим условиям:

1^0. Семейство kerμ = {X ∈ M_E : μ(X) = 0} не пусто и kerμ ⊂ N_E.

2^0. X ⊂ Y ⇒ μ(X) ≤ μ(Y).

3^0. $\mu(\overline{X}) = \mu(ConvX) = \mu(X)$.

4^0. μ(λX + (1−λ)Y) ≤ λμ(X) + (1−λ)μ(Y) для λ ∈ [0,1].

5^0. Если (X_n) представляет собой последовательность замкнутых множеств из M_E, такую что

$X_{n+1} \subset X_n$ (n = 1,2,...) и если $\lim_{n\to\infty} \mu(X_n) = 0$, то множество $X_\infty = \bigcap_{n=1}^{\infty} X_n$ непусто.

Здесь семейство kerμ, описанное в 1^0 называется ядром меры некомпактности μ.

Замечание 2. Заметим, что пересечение множеств X_∞ из 5^0 является членом ядра меры некомпактности μ. В самом деле, из неравенства μ(X_∞) ≤ μ(X_n) для любого n = 1,2, ... мы имеем, что μ(X_∞) = 0, где X_∞ ∈ kerμ. Это свойство пересечения множеств X_∞ является очень важным в наших дальнейших рассуждениях.

Рассмотрим интегральное уравнение (1) в банаховом пространстве BC(R_+), состоящем из вещественных функций, определенных, непрерывных и ограниченных на R_+. Это пространство наделяется нормой

$$\|x\| = \sup\{|x(t)| : t \ge 0\}.$$

Определение меры некомпактности в пространстве BC(R_+):

Пусть X непустое ограниченное подмножество пространства BC(R_+). Зафиксируем положительное число T. Для x ∈ X и ε > 0 обозначим через $\omega^T(x, \varepsilon)$ модуль непрерывной функции x на отрезке [0, T], т.е.

$$\omega^T(x, \varepsilon) = \sup\{|x(t) - x(s)| : t, s \in [0, T],\ |t - s| \le \varepsilon\}.$$

Далее, положим: $\omega^T(X, \varepsilon) = \sup\{\omega^T(x, \varepsilon) : x \in X\}$,

$$\omega_0^T(X) = \lim_{\varepsilon\to 0} \omega^T(X, \varepsilon),\ \ \omega_0(X) = \lim_{T\to\infty} \omega_0^T(X).$$

Кроме того, положим $\beta(X) = \lim_{T\to\infty}\left\{\sup_{x\in X}\{\sup\{|x(t)| : t \ge T\}\}\right\}$.

И, наконец, определим функцию μ на семействе $M_{BC(R+)}$ по формуле $\mu(X) = \omega_0(X) + \beta(X)$.

Можно показать, что функция μ является мерой некомпактности в пространстве $BC(R_+)$. Ядро kerμ этой меры содержит непустые и ограниченные множества X такие, что функции из X локально эквинепрерывны на R_+ и стремятся к нулю на бесконечности равномерно относительно множества X, т.е. для любого $\varepsilon > 0$ существует $T > 0$ со свойством, что $|x(t)| \le \varepsilon$ для $t \ge T$ и $x \in X$.

Теперь рассмотрим вопрос о существовании решения квадратичного интегрального уравнения Урысона (1) в банаховом пространстве $BC(R_+)$. Интегральное уравнение (1) будет исследовано при следующих предположениях:

(I) $a \in BC(R_+)$ и $a(t) \to 0$ при $t \to \infty$.

(II) $f : R_+ \times R \to R$ непрерывная функция такая, что $f(t,0) \to 0$ при $t \to \infty$,

(III) функция f удовлетворяет условию Липшица по второй переменной, т.е. существует $k > 0$ такое, что

$$|f(t,x) - f(t,y)| \le k|x - y|$$

для $x, y \in R$ и $t \in R_+$.

(IV) $u : R_+ \times R_+ \times R \to R$ непрерывна и существует непрерывная функция $g : R_+ \times R_+ \to R_+$ и непрерывная и неубывающая функция $h : R_+ \to R_+$ такие, что

$$|u(t,s,x)| \le g(t,s)h(|x|) \text{ для всех } t, s \in R_+ \text{ и } x \in R,$$

(V) для любого $t \ge 0$ функция $s \to g(t, s)$ интегрируема на R_+ и функция $t \to \int_0^\infty g(t,s)ds$ ограничена на R_+,

(VI) $$\lim_{T\to\infty}\left\{\sup\left\{\int_T^\infty g(t,s)ds : t \in [0,T]\right\}\right\} = 0.$$

Заметим, что на основании предположений (II) и (V) можем определить следующие конечные константы:

$$F = \sup\{|f(t,0)| : t \ge 0\},$$

$$G = \sup\left\{\int_0^\infty g(t,s)ds : t \ge 0\right\}.$$

Теперь можно сформулировать наше предположение:

(VI) Неравенство

$$\|a\| + FGh(r) + kGrh(r) \le r$$

имеет положительное решение r_0 такое, что $kGh(r_0) \prec 1$.

Замечание 3. Заметим, что если r_0 удовлетворяет неравенству из (VII), то получим

$$kGh(r_0) \le 1 - \frac{\|a\|}{r_0} - \frac{FGh(r_0)}{r_0}.$$

Таким образом, условие $kGh(r_0) \prec 1$ удовлетворяется при условии, что функции $a(t)$ или $t \to f(t, 0)$ не обращаются в нуль на R_+.

Далее сформулируем основной результат:

Теорема 4. *В предположениях* (I) - (VII) *уравнение* (1) *имеет по крайней мере одно решение* $x = x(t)$ *в пространстве* $BC(R_+)$ *такое, что* $x(t) \to 0$ *при* $t \to \infty$.

Доказательство. Рассмотрим оператор U, определенный на пространстве $BC(R_+)$ по формуле

$$(Ux)(t) = a(t) + f(t, x(t))\int_0^\infty u(t,s,x(s))ds, \ t \ge 0.$$

Покажем, что функция Ux непрерывна на R_+. Для этого фиксируем произвольно $T > 0$ и $\varepsilon > 0$. Далее возьмем произвольные числа $t, s \in [0, T]$ такие, что $|t-s| \le \varepsilon$. Тогда, имея в виду наши предположения, получаем:

$$|(Ux)(t)-(Ux)(s)| \le |a(t)-a(s)| +$$

$$+\left| f(t,x(t))\int_0^\infty u(t,\tau,x(\tau))d\tau - f(s,x(s))\int_0^\infty u(t,\tau,x(\tau))d\tau \right| +$$

$$+\left| f(t,x(t))\int_0^\infty u(t,\tau,x(\tau))d\tau - f(s,x(s))\int_0^\infty u(t,\tau,x(\tau))d\tau \right| \le$$

$$\le \omega^\tau(a,\varepsilon)+|f(t,x(t))-f(s,x(s))|\int_0^\infty |u(t,\tau,x(\tau))|d\tau +$$

$$+|f(s,x(s))|\int_0^\infty |u(t,\tau,x(\tau))-u(s,\tau,x(\tau))|d\tau \le$$

$$\le \omega^\tau(a,\varepsilon)+[|f(t,x(t))-f(t,x(s))|+|f(t,x(s))-f(s,x(s))|]\int_0^\infty g(t,\tau)h(|x(\tau)|)d\tau +$$

$$+[|f(s,x(s))-f(s,0)|+|f(s,0)|]\int_0^\infty |u(t,\tau,x(\tau))-u(s,\tau,x(\tau))|d\tau \le$$

$$\le \omega^\tau(a,\varepsilon)+[k|x(t)-x(s)|+\omega^\tau_{\|x\|}(f,\varepsilon)]h(\|x\|)\int_0^\infty g(t,\tau)h(|x(\tau)|)d\tau + \qquad (2)$$

$$+[k|x(s)+|f(s,0)|]\int_0^\infty |u(t,\tau,x(\tau))-u(s,\tau,x(\tau))|d\tau,$$

где $\omega_d^T(f,\varepsilon)=\sup\{|f(t,y)-f(s,y)|: t,s\in[0,T],\ y\in[-d,d],\ |t-s|\le\varepsilon\}.$

Очевидно, что в вышеприведенных расчетах мы должны положить $\| x \|$ вместо d.

Теперь, оценивая неравенство (2) получаем:

$$|(Ux)(t)-(Ux)(s)| \le \omega^T(a,\varepsilon)+kGh(\|x\|)\omega^T(x,\varepsilon)+$$

$$+Gh(\|x\|)\omega^T_{\|x\|}(f,\varepsilon)+(k\|x\|+F)\int_0^\infty |u(t,\tau,x(\tau))-u(s,\tau,x(\tau))|d\tau \le$$

$$\le \omega^T(a,\varepsilon)+kGh(\|x\|)\omega^T(x,\varepsilon)+Gh(\|x\|)\omega^T_{\|x\|}(f,\varepsilon)+$$

$$+(k\|x\|+F)\left\{\int_0^T |u(t,\tau,x(\tau))-u(s,\tau,x(\tau))|d\tau + \right.$$

$$\left.+\int_T^\infty [|u(t,\tau,x(\tau))|+|u(s,\tau,x(\tau))|]d\tau\right\} \le$$

$$\le \omega^T(a,\varepsilon)+kGh(\|x\|)\omega^T(x,\varepsilon)+Gh(\|x\|)\omega^T_{\|x\|}(f,\varepsilon)+$$

$$+(k\|x\|+F)\left\{\int_0^T \omega^T_{\|x\|}(u,\varepsilon)d\tau+\int_T^\infty (g(t,\tau)+g(s,\tau))h(\|x\|)d\tau\right\},$$

где, подобно тому, как и выше, обозначили

$$\omega_d^T(u,\varepsilon)=\sup\{|u(t,\tau,y)-u(s,\tau,y)|: t,s,\tau\in[0,T],\ |t-s|\le\varepsilon,\ y\in[-d,d]\}.$$

Отметим, что $\omega^T_{\|x\|}(f,\varepsilon)\to 0$ и $\omega^T_{\|x\|}(u,\varepsilon)\to 0$ при $\varepsilon \to 0$, что является следствием равномерной непрерывности функции f на множестве [0, T] × [- $\| x \|$, $\| x \|$] и функции u на множестве [0, T] × [0, T] × [- $\| x \|$, $\| x \|$], соответственно.

В дальнейшем из последней оценки получаем:

$$|(Ux)(t)-(Ux)(s)| \le \omega^{\tau}(a,\varepsilon)+kGh(\|x\|)\omega^{\tau}(x,\varepsilon)+$$
$$+Gh(\|x\|)\omega^{T}_{\|x\|}(f,\varepsilon)+(k\|x\|+F)T\omega^{T}_{\|x\|}(u,\varepsilon)+ \quad (3)$$
$$+(k\|x\|+F)\cdot 2\sup\left\{\int_{T}^{\infty} g(t,\tau)d\tau : t\in[0,T]\right\}\cdot h(\|x\|).$$

Далее заметим, что в силу предположения (VI) мы можем выбрать число T настолько большим, что последний член оценки (3) будет достаточно малым. Таким образом, принимая во внимание факты, установленные выше, делаем вывод, что функция Ux непрерывна на отрезке [0, T] для любого достаточно большого T > 0. Это означает, что Ux непрерывна на всем отрезке R_+.

Теперь покажем, что функция Ux ограничена на R_+. Действительно, используя наши предположения при произвольно фиксированного $t \in R_+$ имеем:

$$|(Ux)(x)| \le |a(t)|+|f(t,x(t))|\int_0^{\infty}|u(t,s,x(s))|ds \le$$
$$\le |a(t)|+[|f(t,x(t))-f(t,0)|+|f(t,0)|]\int_0^{\infty} g(t,s)h(|x(s)|)ds \le \quad (4)$$
$$\le |a(t)|+kGh(\|x\|)x(t)|+Gh(\|x\|)f(t,0).|$$

Следовательно, мы получаем

$$|(Ux)(t)| \le \|a\|+kG\|x\|h(\|x\|)+FGh(\|x\|), \quad (5)$$

что означает, функция Ux ограничена на R_+.

Связывая этот факт с непрерывностью функции Ux на R_+, пришли к выводу, что оператор U переводит пространство $BC(R_+)$ в себя.

Далее, из (5) получаем

$$\|Ux\| \le \|a\|+kG\|x\|h(\|x\|)+FGh(\|x\|).$$

Комбинируя это неравенство с предположением (VII), заключаем, что U является самоотображением шара B_{r_0}, где $r_0 > 0$ представляет собой число, существующее на основе упомянутого предположения.

В дальнейшем возьмем непустое подмножество X шара B_{r_0}. Зафиксируем ε > 0 и T > 0 и возьмем произвольную функцию $x \in X$. Тогда, используя оценку (3), получим:

$$\omega^{T}(Ux,\varepsilon) \le \omega^{T}(a,\varepsilon)+kGh(r_0)\omega^{T}(x,\varepsilon)+Gh(r_0)\omega^{T}_{r_0}(f,\varepsilon)+$$
$$+(kr_0+F)T\omega^{T}_{r_0}(u,\varepsilon)+2(kr_0+F)h(r_0)\sup\left\{\int_{T}^{\infty} g(t,s)ds : t\in[0,T]\right\}.$$

Следовательно, получаем

$$\omega^{T}(UX,\varepsilon) \le \omega^{T}(a,\varepsilon)+kGh(r_0)\omega^{T}(X,\varepsilon)+Gh(r_0)\omega^{T}_{r_0}(f,\varepsilon)+$$
$$+(kr_0+F)T\omega^{T}_{r_0}(u,\varepsilon)+2(kr_0+F)h(r_0)\sup\left\{\int_{T}^{\infty} g(t,s)ds : t\in[0,T]\right\}.$$

Теперь, принимая во внимание свойства компонентов, участвующих в неравенстве, имеем:

$$\omega^{T}_{0}(UX) \le kGh(r_0)\omega^{T}_{0}(X)+$$
$$+2(kr_0+F)h(r_0)\cdot\sup\left\{\int_{T}^{\infty} g(t,s)ds : t\in[0,T]\right\}.$$

Комбинируя это неравенство с предположением (VI), получаем оценку

$$\omega_0(UX) \le kGh(r_0)\omega_0(X). \quad (6)$$

Далее, взяв $x \in X$ и выбирая произвольно $T > 0$, в силу оценки (4), получим

$$\sup\{|(Ux)(t)| : t \geq T\} \leq \sup\{|a(t)| : t \geq T\} +$$
$$+ kGh(r_0)\sup\{|x(t)| : t \geq T\} + Gh(r_0)\sup\{|f(t,0)| : t \geq T\}.$$

Следовательно, в силу предположений (I) и (II) имеем:

$$\beta(UX) \leq kGh(r_0)\beta(X). \tag{7}$$

Теперь, связывая (6) и (7), получаем

$$\mu(UX) \leq kGh(r_0)\mu(X), \tag{8}$$

где μ является мерой некомпактности.

Далее рассмотрим последовательность множеств $(B_{r_0}^n)$, где $B_{r_0}^1 = ConvU(B_{r_0})$, $B_{r_0}^2 = ConvU(B_{r_0}^1)$ и так далее. Заметим, что все множества этой последовательности непусты, ограничены, замкнуты и выпуклы. Кроме того, $B_{r_0}^{n+1} \subset B_{r_0}^n$ при n = 1,2, ... Далее, имея в виду (8), получаем

$$\mu(B_{r_0}^n) \leq q^n \mu(B_{r_0}), \tag{9}$$

где мы положили $q = kGh(r_0)$. Очевидно, что в силу (VII) имеем, что $q < 1$. Помимо этого, можем вычислить, что $\mu(B_{r_0}) = 3r_0$. В силу (9) следует, что $\lim_{n\to\infty} \mu(B_{r_0}^n) = 0$.

Таким образом, из условия 5^0 определения 1 заключаем, что множество $Y = \bigcap_{n=1}^{\infty} B_{r_0}^n$ непусто, ограничено, замкнуто и выпукло. Кроме того, в силу замечания 2 получаем, что Y ∈ kerμ. Следует также отметить, что оператор U отображает множество Y в себя.

Теперь покажем, что U непрерывен на множестве Y. Для этого фиксируем ε>0 и возьмем функции $x, y \in Y$ такие, что $\| x-y \| \leq \varepsilon$.

Принимая во внимание тот факт, что Y∈kerμ и описание множеств, принадлежащих kerμ, можем найти число T > 0 такое, что для любого $z \in Y$ и $t \geq T$ неравенство $| z(t) | \leq \varepsilon$ удовлетворяется.

Так как U: Y → Y имеем, что $Ux, Uy \in Y$.

Таким образом, при $t \geq T$ получаем

$$|(Ux)(t) - (Uy)(t)| \leq |(Ux)(t)| + |(Uy)(t)| \leq 2\varepsilon \tag{10}$$

С другой стороны, при $t \in [0, T]$ получим:

$$|(Ux)(t) - (Uy)(t)| \leq |f(t, x(t)) - f(t, y(t))| \int_0^{\infty} |u(t, s, x(s))| ds +$$
$$+ |f(t, y(t))| \int_0^{\infty} |u(t, s, x(s)) - u(t, s, y(s))| ds \leq \varepsilon k \int_0^{\infty} g(t, s) h(|x(s)|) ds +$$
$$+ (k|y(t)| + |f(t,0)|) \int_0^{\infty} |u(t, s, x(s)) - u(t, s, y(s))| ds \leq \varepsilon k G h(r_0) +$$
$$+ (k|y(t)| + |f(t,0)|) \left\{ \int_0^{T} |u(t, s, x(s)) - u(t, s, y(s))| ds + \int_T^{\infty} (|u(t, s, x(s))| - |u(t, s, y(s))|) ds \right\} \leq$$
$$\leq \varepsilon k G h(r_0) + (kr_0 + F) T \varpi_{r_0}^T(u, \varepsilon) + (kr_0 + F) 2 \int_T^{\infty} g(t, s) h(r_0) ds \leq \tag{11}$$
$$\leq \varepsilon k G h(r_0) + (kr_0 + F) T \varpi_{r_0}^T(u, \varepsilon) + 2(kr_0 + F) h(r_0) \sup\left\{ \int_T^{\infty} g(t, s) ds : t \in [0, T] \right\},$$

где ввели следующие обозначения:

$$\varpi_{r_0}^T(u, \varepsilon) = \sup\{|u(t, s, x) - u(t, s, y)| : t, s \in [0, T],\ x, y \in [-r_0, r_0],\ |x - y| \leq \varepsilon\}.$$

Заметим, что $\varpi_{r_0}^T(u, \varepsilon) \to 0$ при ε → 0, что является простым следствием равномерной непрерывности функции $u(t, s, x)$ на множестве $[0, T] \times [0, T] \times [-r_0, r_0]$. Кроме того, можем выбрать T таким образом, что последний член в оценке (11) будет достаточно мал. Принимая во внимание

вышеупомянутые факты и оценки (10) и (11), заключаем, что оператор U непрерывен на множестве Y.

И, наконец, связывая все установленные выше свойства множества Y и оператора

U: Y → Y и используя принцип неподвижной точки Шаудера, можем делать вывод, что оператор U имеет по крайней мере одну неподвижную точку x в множестве Y. Очевидно, что функция $x = x(t)$ является решением интегрального уравнения (1). Кроме того, имея в виду, что $Y \in \ker\mu$ получаем, что $x(t) \to 0$ при $t \to \infty$.

Список использованной литературы

1 Agarwal R. P., O'Regan D. and Wong P. J. Positive Solutions of Differential, Difference and Integral equations. – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1999. –214p.

2 Banas J. Existence results for Volterra–Stieltjes quadratic integral equations on an unbounded interval// Math. Scand. 98. – 2006. – P.143–160.

3 Busbridge L. W. The Mathematics of Radiative Transfer. – Cambridge: Cambridge Univ. Press,1960. – 157p.

4 Banas J. and Goebel K. Measure of Noncompactness in Banach Spaces// Lecture Notes in Pure and Appl. Math. – Marcel Dekker, New York and Basel, 1980.– Vol.60. – P.13–21.

5 Аширбаев Н.К., Бекмолдаева Р.Б., Banas J., Иманбетова А. Обзор научных исследований по проблемам условии компактности в теории нелинейных уравнений// Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Ауезовские чтения–13». Шымкент: ЮКГУ, 2015. – С.28–31.

6 Аширбаев Н.К., Иманбетова А.Б., Бекмолдаева Р.Б., Banas J. Единый подход к некоторым классам нелинейных интегральных уравнений // Вестник КазНПУ им.Абая, серия «физико-математические науки». –2015. –№3. –С. 20–26.

7 Аширбаев Н.К., Нысанов Е.А., Бекмолдаева Р.Б., Banas J. Нелинейное интегральное уравнение Вольтерра – Стилтьеса и его частные случаи // Вестник КазНПУ им.Абая, серия «физико-математические науки». – 2015. –№3. – С. 26–32.

8 Аширбаев Н.К., Иманбетова А.Б., Бекмолдаева Р.Б., Банас И. О разрешнмости интегрального уравнения типа Вольтерра – Стилтьеса // Вестник КазНПУ им. Абая, серия «физико-математические науки». – 2016. – №2(54). – С.22–30.

9 Аширбаев Н.К., Иманбетова А.Б., Бекмолдаева Р.Б., Банас И. О решениях интегрального уравнения типа Вольтерра –Винера –Хопфа // Вестник КазНПУ им. Абая, серия «физико-математические науки». – 2016. –№3(55). – С.13–22.

УДК 539.2/.6:539./.04
ГРНТИ 29.19.21

Д. Баймолда[1] , Ш. Чадраабал [2]
[1] физика ғылымының Ph.D докторы, ассоц. профессор, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2] физика-техника ғылымының докторы, Моңғолия Ғылым Академиясы Физика және Техника институтының қатты денелер физикасы бөлімі, Улаанбаатар қ., Монголия

ТАБИҒИ МИНЕРАЛДАР ҚҰРАМЫНДАҒЫ ТЕМІРДІ РФА ЖӘНЕ МЕССБАУЭР ӘДІСТЕРІМЕН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа

Бұл мақалада табиғи бояу түрінде кездесетін минералдарды Рентген флуорецсенция (РФА) және Мессбауэр спектроскопияларының көмегімен зерттеу жұмыстары туралы сөз болады. Табиғатта көп кездесетін осы топырақ бояуларды қарапайым өмірде адамдар көбінесе үй-тұрмыстарына ертеден қолданып келгені белгілі. РФА және Мессбауэр спектроскопияларының көмегімен зерттеу жұмыстары барысында табиғи минералдар құрамындағы негізгі өң беруші яғни бояушы заттың темір қоспалары екендігі анықталды және осы темірдің басқа заттармен қандай химиялық байланыста болатындығы Мессбауэр спектрскопиясы яғни гамма резонанс әдісі арқылы зерттелді. Зерттеу жұмыстары нәтижесінде Моңғолияның Баян-Өлгей аймағының Буянты елді мекенінен әкелінген қызыл топырақты бояуда темірдің гематит (Fe_2O_3) түрі басым кездесссе, ал сары топырақты бояуда гидрогематит (Fe_2O_3*n H_2O) түрі басым екендігі мақалада атап көрсетілді.

Түйін сөздер: рентген флуорецсенция, мессбауэр, табиғи бояу, минерал, темір, гематит, лимонит

Abstract

Baymolda D.[1], Chadraabal Sh.[2]
[1] Ph.D, Associate Professor, Abai University, Almaty, Kazakhstan
[2] Dr. Sci. (Physics-Engineering), Solid State Physics Department at the Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia

APPLICATIONS OF THE X-RAY FLUORESCENCE ANLYSIS AND MOSSBAUER METHODS FOR THE DETERMINATION OF IRON AND ITS COMPUNDS IN THE NATURAL MINERALS

This article discusses the applications of the X-ray fluorescence anlysis and Mossbauer methods for the determination of iron and its compunds in the natural minerals like ocher. Ocher is a natural pigment, consisting of iron oxide hydrate with an admixture of clay. Due to the stability of mineral pigments to light and chemicals, as well as cheapness, ocher is widely used for all types of paints. With the help of the methods of the X-ray fluorescence and Messbauer have been studied the red and yellow ochers from the region of Buyant, Bayan-Ulgey aimak, West Mongolia. As a result of our research shows that the red ocher prevents to the hematite (α-Fe_2O_3), while at the same time the yellow ocher prevails to the hydro hematite (Fe_2O_3 * n H2O).

Key words: X-ray fluorescence, Messbauer method, ocher, mineral, iron, hematit, limonit

Аннотация

Д. Баймолда[1] , Ш. Чадраабал [2]
[1] Ph.D доктор, ассоциированный профессор, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан
[2] доктор физико-технических наук, Отдел Физики твердого тела Монгольской научной академии, г. Улан-Батор, Монголия

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ РЕНТГЕН ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА (РФА) И МЕССБАУЭРОВСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА И ЕГО СОЕДИНЕНИЙ В ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛАХ

В этой статье обсуждаются применение методов рентген флуоресцентного анализа (РФА) и Мессбауэровского анализа для определения железа и его соединения в природных минералах. Как известно, что основными красителями в природных минералах являются соединения железа. Благодаря устойчивости минеральных красителей (охра) к воздействию света и химических веществ, а также дешевизне, широко применяется для всех видов красок. Поэтому с помощью методов РФА и Мессбауэровской спектроскопии были исследованы наиболее распространенные в природе красные и желтые красители (охры) из месторождения Буянт, Баян-Ульгейского аймака, Западная Монголия. В результате исследования указывается, что в природном минерале – охре – красном преобладает гематит (α-Fe_2O_3), а в желтом природном красителе преобладает гидрогематит (Fe_2O_3 * n H_2O).

Ключевые слово: рентген флуорецсенция, эффект мессбауэра, минерал, охра, железо, гематит, лимонит

Соңғы жылдары РФА техникасы көмегімен табиғи минералдар құрамындағы күкірт, титан, кальций, темір және басқадай элементтерді зерттеу бойынша бірқатар жұмыстар жүргізілді. Ал соның ішінде табиғи бояулы топырақтар құрамындағы тек темірді анықтау жұмыстары да бірқатар шетелдік ғалымдардың қызығушылығын туғызып, солардың жұмыстарында көрініс тапқаны белгілі [5,6]. Себебі табиғи минерал құрамындағы бояушы негізгі зат темір қоспаларына қатысты болатындықтан сондағы темірдің мөлшерін және оның қандай химиялық зат екендігін анықтау ғылыми тұрғыдан болсын, экономикалық тұрғыдан болсын маңызды болмақ.

Минералдар құрамындағы темірді Мессбауэр әдісімен зерттегенде оның негізгі екі көрсеткіші болатын изомерлік ығысу (σ) және квадрупольдік ыдырауды (2e) алып қараймыз. Изомерлік ығысу атом электрондары зарядының тығыздығына тікелей байланысты болатындықтан сол арқылы минералдағы темір қоспаларына қатысты химиялық байланыс және атомның электрлік не нейтральдық жағдайына байланысты маңызды ақпаратты ала аламыз. Ал квадрупольдік ыдырау құбылысы болса, ядроның айналасын қоршап тұрған кристаллдағы басқа иондар тарапынан пайда болатын электр өрісінің градиентіне тәуелді болады. Сондықтан бұл атом немесе ионның физикалық қандай жағдайда болатыны туралы құнды мәлімет бере алады. Мессбауэр эффектісі көмегімен минералдағы темірдің (Fe) екі валентті (2+) не үш валентті (3+) ион екендігін ажыратып тануға болады. Мессбаэр спектрінде үш валентті темір ионы екі валентті темір ионына қарағанда квадрупольдық ыдырау құбылысын аз мөлшерде бере алады [2,3].

Моңғолия ғылым академиясының Физика және Техника, Химия институттарында Халықаралық атом энергиясы агентігінің көмегімен іске асырған ғылыми-зерттеу жобалары негізінде РФА және Мессбауэр спектрометрлері көмегімен Моңғолияның батысында орналасқан Буянт елді-мекенінен әкелінген қызыл және сары топырақты табиғи бояулардағы темірді және оның қандай қоспалардан

екендігін анықтау жұмысы жүрілді. Осы табиғи бояулардың химиялық құрамын Кесте 1.1-де ал РФА әдісімен және химиялық жолмен темірді (Fe) анықтаған көрсеткіштерді Кесте 1.2 де көрсеттік.

Кесте 1.1 Табиғи бояулардың химиялық құрамы

Минерал аты	**SiO_2 %**	**Al_2O_3 %**	**Fe_2O_3 %**
Буянт (қызыл)	54.96	20.01	5.95
Буянт (сары)	69.02	17.40	4.97

Кесте 1.2 Табиғи бояулардағы темірдің көрсеткіштері

Минерал аты	**C(Fe) % РФА**	**C(Fe) % Химиялық анализ**
Буянт (қызыл)	5.46	5.73
Буянт (сары)	6.79	6.18

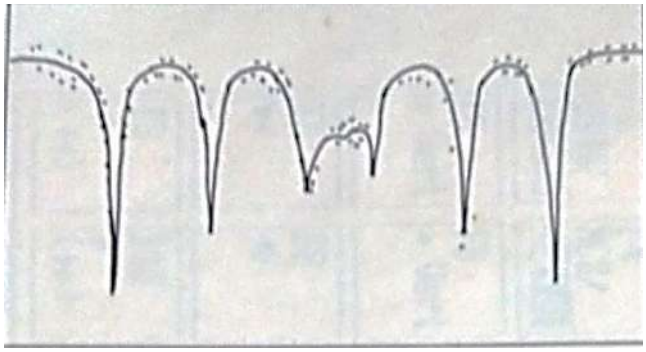
Мессбауэр әдісімен табиғи минералдағы темірді (Fe) анықтау әдістемесі: Қызыл және сары топырақты минералдарды Мессбауер әдісімен зерттеу жұмысын бөлме температурасы (300 К), сұйық азот (77 К) және сұйық гелий (4.2 К) температуралары жағдайында микрокомпьютердің басқаруындағы 256 каналды анализатор және Co^{57} изотопты Мессбауэр спектрометрі құралында жүргіздік. Сары бояулы минерал сынамасын 400 ^{0} С температура жағдайында 3 сағат бойы әуелі қыздырып барып өртеген соң Мессбауер спектрін бөлме температурасы жағдайында өлшедік. Бұл спектрлерді Сурет 1 және Сурет 2-де көрсеттік. Алынған Мессбауэр спектрін «Кси квадрат» математикалық әдісін қолдану арқылы арнайы компьтерлік программаның көмегімен IBM/PC/AT компьютерінде өңдедік. Осындай жолмен алынған көрсеткіштер Кесте 3 және Кесте 4-де көрсетілді.

Кесте 3. Буянтының қызыл бояуының Мессбауэр көрсеткіштері

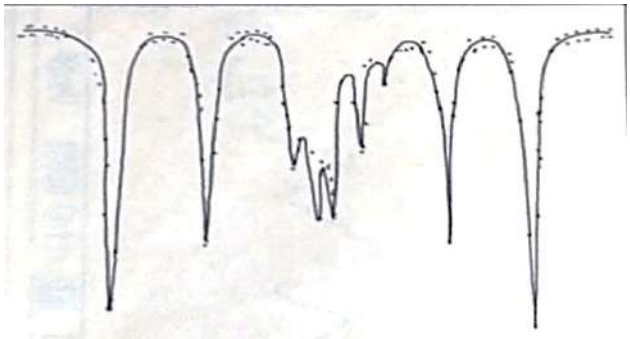
Темір ионы	**H (кЭрс)**	**2e (мм/с)**	**σ (мм/с)**	**Түсініктеме**
Fe (3+)	378	0.17	0.30	Магнитті секстет
	---	1.19	0.40	Квадруполь дублет

Кесте 4. Буянтының сары бояуының Мессбауэр көрсеткіштері

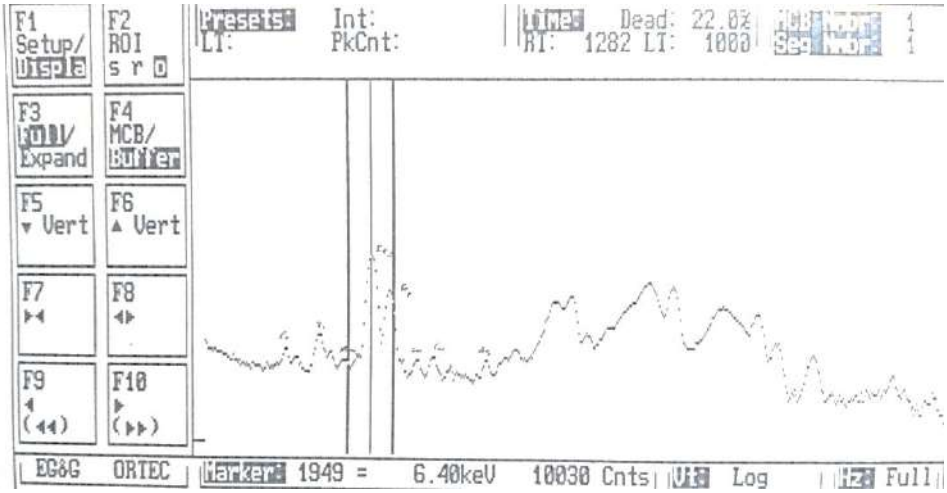
Темір ионы	**I %**	**H (кЭрс)**	**2e (мм/с)**	**σ (мм/с)**	**Түсініктеме**
Fe (3+)	79	497	0.25	0.46	Магнитті секстет
	16	--	0.53	0.44	Квадруполь дублет
Fe (2+)	5	--	3.05	1.25	Квадруполь дублет



Сурет 1. Қызыл топырақты бояудың Мессбауэр спектрі (300 К)



Сурет 2. Сары топырақты бояудың Мессбауэр спектрі (4.2 К)



Сурет 3. Буянтының қызыл топырақты бояуының РФА спектрі.

Қорытынды:

(А) Рентген флуорецсенция зерттеу әдісімен Буянтының қызыл топырақты және сары топырақты табиғи бояуларындағы темірді (Fe) анықтаған нәтижелердің химиялық әдіспен анықтаған нәтижелермен арасындағы айырмашылықтың аз екенін Кесте 2 ден көруге болады. Мысалы, салыстырмалы түрде ауытқу коэфициенті S1-дің темірге қатысты ауытқушылық S1 = Summa (RFA) – Chem) / N = 0.135%

Буянтының қызыл топырақты бояуындағы РФА спектрден (Сурет 3) өте қарқынды (интенсивный) темір (Fe) пикінен басқа кальций (Ca), титан (Ti), манган (Mn), цинк (Zn), мыс (Cu) және мышяк (As) секілді химиялық элементтердің пиктерін анық көруге болады. Яғни РФА минералдар құрамындағы темірді (Fe) анықтауда таптырмайтын оңтайлы әдіс болмақ.

(В) Қызыл бояулы Мессбауэр спектрінен (Сурет 1) бір квадруполь дублеттің, бір магнитті секстет сызықтарының бары байқалады. Секстет сызығы α-Fe_2O_3 түрдегі темірге қатысты болмақ. Ал квадруполь дублет сызығы кристалл тордың басқа бір жерінде орналасқан (3+) валентті темірге қатысты. Бұндай күйдегі темір алюминиий атомдары төбесінде орналасқан октаэдр ішінде орналасатыны белгілі. Екінші жағынан темірдің (3+) үш валентті ионы минералдағы оттегі атомдарының тетраэдр немесе октаэдр қоршауында болуы мүмкін болса, ал рентген құрылымдық зерттеу бойынша гематиттегі темір оттегі атомдары тарапынан пайда болатын октаэдрде орналасады.

(С) Буянтының сары топырақ бояуының Мессбауэр спектрінде бір магнитті секстет сызықтың, екі квдруполь дублет сызықтың бары байқалады. (Сурет 2). Минералдағы барлық темірдің 80-дей пайызын иеленетін магнитті секстет, 15-тей пайызын иеленетін квадруполь дублет үш валентті (3+) темірге қарасты болмақ. Бұл гематит немесе гидрогематитті минерал күйінде болуы мүмкін. Гольданскийдің айтуынша (3) сары бояулы топырақтағы гематит түріндегі темірдің тотықтары гидраттарымен бірге өң беруші яғни бояушы заттың міндетін атқара алады. Мұндағы секстет, квадруполь дублет сызықтар α-Fe_2O_3 дағы парамагниттік құбылысқа байланысты болуы әбден мүмкін. Мұндай құбылыс байқалуы үшін топырақ бояудың сынамадағы ұнтақтығы 200 А (ангстрем)-нен аз болуы тиісті. Сондықтан сұйық азот (77К) және сұйық гелий (4.2К) температуралары жағдайында өлшенген спектрде тым соншалық үлкен айырмашылықтың жоқтығын байқаймыз. Тек бөлме температурасы (300К) жағдайында өлшенген спектрден секстет сызығының жоқтығын ал квадруполь дублеттің барын көре аламыз. Осылай магнитті секстеттің парамагнитті дублетке көшу құбылысына қарап, бұл бөлме температурасы және азот температурасы аралығында Неелдің температурасына сәйкес келетін бір минералдың бар екенін көрсетеді.

Лимонит (FeOOH) –ың Неел температурасы 370 К болатындықтан бұл спектрдің лимонитке қатысы жоқ екені анық. Сары топырақ бояуды 400^0С температурада қыздырып, өртеген соң өлшенген Мессбауэр спектрінен секстет сызықтың шығуын, гидрогематиттің жоғары температурада өз құрамындағы суды жоғалтып, гематитке айналғандығынан деп түсінген орынды. Квадруполь ыдырауы көбірек дублет сызық Fe (2+) ионға қатысты болмақ. Ал оның дәл қандай минерал түрінде екенін білу үшін қосымша зерттеулер жүргізу қажет деп көреміз. Сары топырақты бояуда негізгі өң беруші заттың міндетін атқаруы мүмкін деген лимонит (FeOOH) біздің Мессбауэр зерттеуіміз бойынша анықталмады.

Пайдаланған әдебиеттер тізімі:

1 Singh, A.K., Jain B.K Applied Physics, J. Phys. D:1978, 11 p, 55-62

2 Mossbauer R., Theory of Mossbauer effect, 1974

3 Goldanski I.B Application of Mossbauer effects in Chemistry, 1982

4 Dziunikowski, B., Energy-Dispersive X-ray Fluorescence Analysis, PWN Warsaw and Elsevier, Amsterdam, 1989.

5 Cechak and et all, Confocal X-ray fluorescence spectrometer for in-situ analyses of paintings. Radiation Physics and Chemistry, Volume 137, Pages 238-242, Aug

6 Cechak and et all, The use of various X-ray fluorescence 017analysis modalities for the investigation of historical paintings: The case study on the Late Gothic panel painting. Radiation Physics and Chemistry, Volume 139, Pages 100-108, Oct 2017

7 Баймолда Д,. Рентген флуорецсенциялық зерттеу әдісін көмір өндірісінде қолдану. Монография,. Павлодар, 2010

УДК 556.33/.34
ГРНТИ 38.61.15

Д. Баймолда[1], С. Халас[2]

[1]физика ғылымының PhD докторы, ассоц. профессор, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2]физика-техника ғылымының докторы, профессор. М.К.Склодовская атындағы университеттің Физика Институты, Люблин қ., Польша

ЖЕР АСТЫ СУЛАРЫНЫҢ ИЗОТОПТЫҚ ҚҰРАМЫН МАСС СПЕКТРОМЕТР ӘДІСІМЕН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа

Бұл мақалада жер асты сулары құрамында болатын сульфаттағы күкірт және оттегі изотоптарының ($\delta^{34}S$, $\delta^{18}O$), судағы оттегі және дейтерий изотоптарының ($\delta^{18}O$, δD) сондай ақ көмірқышқыл тотығындағы (CO_2) көміртегі изотопының ($\delta^{13}C$) және сутегі сульфидінде (H_2S) болатын күкірттің ($\delta^{34}S$) изотоптық құрамын масс-спектрометр әдісімен зерттеген зерттеу жұмыстары туралы сөз болады.

Масс-спектрометр әдісімен Моңғолияның батыс өлкесі, Алтай тауларындағы жер асты суларын зерттеу жұмыстары нәтижесінде сондағы суларда оттегінің жеңіл изотопының концентрациясы Орталық Еуропадағы жер асты суларымен салысытырғанда сәл көбірек болатыны анықталды. Бұны континентальды климаттың әсерінен және Алтай тауларының мұхиттан алыс болуымен сондай-ақ Еуропамен салыстырғанда теңіз деңгейінен жоғары орналасқандығымен түсіндіруге болады. Ал азотты, шипалы арасан суларында $\delta^{18}O$ нің концентрациясының көп болуы су мен минерал арасында ұзақ жылдары бойы изотоптық өзара алмасу процессі жүрілгендіктен деген қортындыға келеміз.

Түйін сөздер: жер асты суы, масс-спектрометр әдісі, минерал, күкірт, изотоп, оттегі, концентрация, сульфат, сульфит.

Аннотация

Д. Баймолда[1], С. Халас[2]

[1] PhD доктор, ассоц. профессор, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан
[2] д.физ-тех.н., профессор, Институт Физики при Университете имени М.К.Склодовской, г. Любин, Польша

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

В этой статье обсуждаются применение масс-спектрометрического метода для анализа изотопных составов воды некоторых монгольских ключей. В работе обсуждается результаты измерения $\delta^{34}S$ и $\delta^{18}O$ сульфатов, $\delta^{18}O$ и δD вод, а также $\delta^{13}C$ двуокиси углерода и $\delta^{34}S$ сероводорода растворенных в водах. Эти изотопные данные являются первыми для этого района. Оказалось что в исследованных подземных водах концентрация легких изотопов кислорода немножко больше, чем в водах центральной Европы. Это можно обьяснить влиянием континентального климата, большим расстоянием от океана и высшей чем в Европе, средней высотой над уровнем моря. Иной изотопный состав кислорода воды получился для обогашенной азотом термальной воды.

Повышенную концентрацию тяжелого изотопа $\delta^{18}O$ можно обьяснить изотопным обменом между водой и породой; этот механизм является возможным в повышенных температурах.

Ключевые слово: подземные воды, масс-спектрометр, изотоп, минерал, сера, кислород, концентрация, сульфат, сульфит.

Abstract

INVESTIGATION OF THE ISOTOPE COMPOSITION OF UNDERGROUND WATER BY MASS-SPECTROMETRIC METHOD

Baymolda D.[1], Khalas S.[2]

[1] PhD, Associate Professor, Abai University, Almaty, Kazakhstan

[2] Dr. Sci. (Phys-Engineering), Professor, Insitute of Physics at Sclodovskaya University, Lyubin, Poland

This article discusses the results of isotopic composition of sulfur, oxygen and carbon of some groundwaters in the west and central region of Mongolia. Using by mass spectrometer method have been measured: $\delta^{34}S$ and $\delta^{18}O$ of sulfates, $\delta^{18}O$ and δD of several spring waters and finally $\delta^{13}C$ of CO_2 and $\delta^{34}S$ of H_2S dissolved water. The $\delta^{34}S$ and $\delta^{18}O$ data obtained for sulfates are the only ones from that region so far.

The isotopic composition of oxygen in examined groundwaters feathures somewhat higher concentration of light oxygen than that encountered in Polish waters. The spring waters of Arasan exhibit a greater content of the lighter isotope can be possibly attributed to the mountain climate of the region. Nitric thermal spring waters show the highest concentration of $\delta^{18}O$ caused probably by exchange at higher temperatures. The $\delta^{34}S$ results obtained suggest that the primary source of sulfur in examined underground waters is probably H_2S escaping from the depth of the Earth. The hydrogen sulfide is then oxidized in water to sulfate.

Key words: groundwater, mass spectrometer, isotope, sulfur, oxygen, sulfate, sulfide, concentration, composition

Бұған дейін жер асты суларындағы күкірт(S), оттегі(O) және көміртегі(C) изотоптарының салыстырмалы қатынастарын $\delta^{34}S= S^{34}/S^{32}$, $\delta^{18}O= O^{18}/O^{16}$, $\delta^{13}C= C^{13}/C^{12}$ масс-спектрометр әдісімен анықтау арқылы аталмыш жер асты суларының қалай пайда болғандығына қатысты геохимиялық тұрғыдан ғылыми көзқарас білдіру бірқатар ғалымдардың еңбектерінде аталып өтілді [2,3,4].

Біз осы ғалымдар еңбегін қарай отырып, Моңғолияның батыс өлкесі және орталық аймақтарынан алынған адам денесіне шипалы жер асты сулары құрамындағы сульфаттың $\delta^{34}S$, $\delta^{18}O$ және бірнеше арасан суларының құрамындағы оттегінің және дейтерийдің $\delta^{18}O$, δD сондай-ақ жер асты суында еріген көмірқышқыл тотығы- CO_2-дегі $\delta^{13}C$ және суда еріген сутегі сульфиді- H_2S тегі $\delta^{34}S$ изотоптық құрамдарын зерттеу жұмыстарын жүргіздік. Біздің бұл зерттеуміз осы аймақта жүрілген алғашқы зерттеу болып табылады.

Зерттеу жұмыстарының нәтижелерін яғни жер асты суларындағы сульфаттың күкірт және оттегі изотоптарының құрамы жайлы көрсеткіштерді, сондай-ақ жер асты су құрамындағы еріген көміртегінің изотоптық құрамы жайындағы көрсеткіштерді Кесте 1 де көрсеттік.

Масс спектрометр әдісімен жер асты суларындағы күкірт, оттегі және көміртегі изотоптары құрамын анықтау әдістемесі:

Жер асты суларындағы $\delta^{34}S$, $\delta^{18}O$ және $\delta^{13}C$ зерттеу жұмысы Польшаның Люблин қаласындағы М.К.Склодовская атындағы университеттің Физика институтының масс-спектрометр зертханасындағы екі коллекторлы МИ 1305 масс спектрометр құралында жүрілді. $\delta^{34}S$-ті анықтау үшін әуелі алынған сынамаларды (су) химиялық жолмен суға $BaCl_2$ және HCl екеуін қосу арқылы $BaSO_4$ сульфаты күйіне айналдырып барып, бұны Халас – Волансевич (Halas-Wolacewicz) [1] әдісі арқылы 850^oC температурада SO_2 газ күйіне айналдырдық. Ал, $\delta^{18}O$ және $\delta^{13}C$-ті анықтау үшін сульфатқа айналған $BaSO_4$ –ті Мизутани-Рафтер (Mizutani-Rafter) әдісін қолдану арқылы вакуум жағдайында 1200^oC теператураға дейін қыздыру арқылы CO_2 газ күйіне айналдырдық. Осылайша дайын болған SO_2 және CO_2 газдарындағы күкірт, оттегі және көміртегінің изотоптық құрамдарын масс спектрометрдің көмегімен зерттедік.

Кесте 1.1 Жер асты суларындағы күкірт,оттегі, көміртегінің изотоптық құрамы

Nr	Жер-су аты	t °C	pH	SO_4 mg/l	H_2S $\delta^{34}S$	CO_2 $\delta^{13}C$	Су		Сульфат	
							$\delta^{18}O$	δD	$\delta^{18}O$	$\delta^{34}S$
1	Арасан 3	15	7.0	60	-	-	-16.40	-	+0.94	-0.41
2	Арасан 4	20	6.5	55	-	-	-16.92	-	-0.20	-
3	Арасан 5	22	8.5	80	-	-	-16.76	-	+0.26	-0.99
4	Арасан 6	-	5.5	70	-	-	-16.96		+0.71	-1.15
5	Хужирт	49	9.2	30	-	-	-13.08	-100.0	-	-
6	Уланбатыр	3	6.5	-	-	- 15.3	-15.28	-95.3	-	-
7	Сайхан хулж	51	8.5	430	-4.4	-	-13.26	-79.1	-	+5.32
	Стандарт (атлант мұқиты)						0.0	0.0	+0.88	+20.06

Қорытынды

Моңғолиядан әкелінген жер асты суларындағы оттегі изотопының масс спектрометрлік зерттеуінен ондағы сулардағы жеңіл оттегінің концентрациясы Польша суларына қарағанда көбірек екені анықталды. Бұның себебін басқаша климатты жағдайдан (континентальды), мұқиттан тым алыс орналасуынан және Польшамен салыстырғанда орташа теңіз деңгейінің жоғары болуымен деп түсіндіруге болады. Мысалы, Моңғолияның Алтай тауларында орналасқан Арасан бастау суларының изотоптық зерттеуінен судағы оттегінің жеңіл изотопының көбірек екенін $\delta^{18}O$ -дің көбірек теріс мәнге ие болуынан көруге болады. Бұны сол аймақтағы таулы ауа райының әсерінен болуы әбден мүмкін деген қортындыға келеміз. Арасан 5, Арасан 7 ден алынған сынамаларды зерттеу барысында мұндағы суларда $\delta^{18}O$ концентрациясының көп екені анықталды. Бұны жоғары температура жағдайында оттегі изотоптарының минералдармен арада изотоптық алмасу процессі жүрілгендіктен деп көруге болады.

Ал $\delta^{34}S$ нәтижелеріне қарап, зерттелген сулардағы күкірттің алғашқы көзі жердің тереңінен шығып жатқан H_2S газы болар деген қортынды жасай аламыз. Бұған $\delta^{34}S$-тің төменгі мәнді көрсеткіштері дәлел бола алады. $\delta^{18}O$-дің сульфаттағы мәндеріне қарап, күкіртті сутегі – H_2S-дің су ішінде сульфатқа дейін тотыққанын көре аламыз. Ллойдтың (Lloyd) формуласы бойынша бұл процесс күкірт қоспаларының бактериялық процесстер барысында тотыққанын көрсетеді. Сульфаттың тотығу процессі негізінде түзілген $\delta^{18}O$ Ллойдтың формуласы бойынша судың $\delta^{18}O$ және оттегі молекуласымен төмендегідей қатынаста:

$$\delta^{18}O_{сульфат} = 0.68\ \delta^{18}O_{судың} + 0.32\ (\delta^{18}O_{оттегі} - 8.7\ ) \quad (1)$$

егерде $\delta^{18}O_{оттегі}$ мәнін атмосфералық оттегі мәнімен теңестіріп ($\delta^{18}O_{оттегі} = +23.54$) алсақ онда (1) формуласын былайша жазуға болады:

$$\delta^{18}O_{сульфат} = 0.68\ \delta^{18}O_{судың} + 4.74 \quad (2)$$

Кесте 2. $\delta^{18}O$-дің Ллойд формуласы бойынша есептелген және масс спектрометр әдісімен өлшенген көрсеткіштері

Nr	**Жер су аты**	**Өлшенген (МС әдісі)**	**Есептелген (Ллойд формула)**	**айырмашылық**
1	Арасан 3	+ 0.94	- 6.41	+ 7.35
2	Арасан 4	- 0.20	- 6.77	+ 6.57
3	Арасан 5	+ 0.26	- 6.66	+ 6.92
4	Арасан 6	+ 0.71	- 6.81	+ 7.52
5	Сайхан хулдж	+ 0.44	- 4.20	+ 3.76

Сульфаттағы $\delta^{18}O$-тің Ллойд формуласы бойынша есептелген және масс-спектрометр әдісімен өлшенген мәндерін Кесте 2-де салыстырып көрсеттік. $\delta^{18}O$-дің есептелген мәндері өлшенген мәндерге қарағанда біршама теріс мәндерге ие екені байқалады. Бұны бактериялардың сульфатта жүрілген химиялық процесстері әсерінен деп айтуға болады. Бактериялық процесс әсерінен $\delta^{34}S$ және $\delta^{18}O$ –нің мәндері оң мәндерге қарай жылжыған. Мысалы, $\delta^{18}O$ жылжуы +4.6%. Сонымен бактериялық процесстер тек $\delta^{18}O$ мәнін ғана емес сондай-ақ $\delta^{34}S$ мәнін де оң мәнге қарай жылжытқаны байқалады. Бұған қарағанда судьфаттағы күкірт пен оттегінің изотоптық құрамының құрылуына басқадай құбылыстардың да әсері болғанын көре аламыз. Бәлкім күкірт қоспаларының тотығу процессі оттегі молекуласының әсерімен ғана жүрілген болуы мүмкін деген ой түйеміз.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1 Halas S.,Wolacewicz W., Direct extraction of sulfur dioxide from sulfates for isotopic analysis, Anal. Chem. 53., P.685-689.

2 Robinson B.W., Kusakabe M., Quantitaive preparation of sulphur dioxide for S^{34}/S^{32} analysis, from sulphides by combination with cuprous dioxide. Anal.Chem 1975., 47, P 1179

3 Mizutani Y., An improvement in the carbon-reduction method for the oxygen isotopic analysis of sulphates. Geochem.Journ. 5., 1971., P 69-77

4 Coleman M.L., Shephard T.I and et all., A rapid and precise technique for reduction of water with zinc for hydrogen isotope analysis. Analitical Chemistry, 54, 993-995

5 Halas S., An automatic inlet system with pneumatic changeover valves for isotope ratio mass spectrometer. J.Phys.E.Sci.Instrum., 1979, 18., 417-420

6 Trembaczowski A., Lis J., Szaran J., Zuk W., Sulfur and oxygen isotopic composition in the sulfate ions of several groundwaters of the Lublin district. Freiberg, Forschung 0360, 33-41

7 Baimolda D, Halas S., Trembaczewski A., Oznaczenie skladu izotopowego niktorych wod zrodlanych w Mongolii. Prace Naukowe Politechniki Lubelskiej, Fizyka 7, 1990

УДК 621.311:621.316.9
ГРНТИ 44.29.31

М.В. Башкиров[1], Е.С. Айсаев[2]

[1] доцент, НАО «Алматинский университет энергетики и связи», г.Алматы, Казахстан,
[2] выпускник НАО «Алматинский университет энергетики и связи» по образовательной программе бакалавриата по специальности «Электроэнергетика», г.Алматы, Казахстан

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Аннотация

В данной статье было рассмотрено такое понятие как электроэнергетика. Согласно недавним событиям, касающихся стратегии «Казахстан 2050», вводятся в эксплуатацию и производство возобновляемых источников энергии, которые являются по природе очень сложными концепциями. Из-за большой зависимости от климата и погодных условий, возобновляемые источники энергии являются очень сложными в плане эксплуатации для производства электрической энергии. С этой целью предлагается развитие интеллектуальных энергосистем на основе концепции Smart Grid, которая способно гарантировать общественное развитие, прорывное повышение потребительских свойств энергосистемы, эффективности эксплуатации энергии учитывая все критерии развития электроэнергетики в будущем.

Ключевые слова: интеллектуальная энергосистема, релейная защита, электропередача, возобновляемые источники энергии, цифровая подстанция.

Аңдатпа

М.В. Башкиров[1], Е.С. Айсаев[2]

ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ЭНЕРГИЯ ЖҮЙЕСІ

[1] доцент, КеАҚ «Алматы энергетика және байланыс университеті», Алматы қ., Қазақстан ,

[2]«Алматы энергетика және байланыс университеті» КеАҚ білім беру бағдарламасы бакалавриатының «Электроэнергетика» мамандығы бойынша түлегі, Алматы қ., Қазақстан

Бұл мақалада электрэнергетика түсінігі, тұжырымдамасы қарастырылды. «Қазақстан-2050» стратегиясына қатысты соңғы жаңалықтарды ескере отырып, жаңартылатын энергия көздері қолданысқа енгізілді, бұл табиғаты өте күрделі ұғымдар. Климаттық және ауа райы жағдайына тығыз байланысты болуының арқасында жаңартылатын энергия көздері электр энергиясын өндіру үшін өте күрделі. Осы мақсатта болашақта электр энергетикасын дамытудың барлық критерийлерін есепке ала отырып, қоғамдық дамуды қамтамасыз етуге қабілетті Smart Grid тұжырымдамасына негізделген интеллектуалды қуат көздерін дамыту, энергетикалық жүйенің тұтынушылық қасиеттерін серпінді арттыру және энергия тиімділігі көзделінілді.

Түйін сөздер: интеллектуалды энергия жүйесі, релелік қорғаныс, қуат беру, жаңартылатын энергия көздері, цифрлық қосалқы станция.

Abstract

INTELLECTUAL ELECTRIC POWER SYSTEM

Bashkirov M.V. [1], Aisayev Y.S. [2]

[1] Associate professor of Non-commercial Joint Stock Company "Almaty University of Power Engineering and Telecommunications", Almaty, Kazakhstan

[2] Alumnus of Non-commercial Joint Stock Company "Almaty University of Power Engineering and Telecommunications" on bachelor's program by specialty "Electric power engineering", Almaty, Kazakhstan

In this paper a concept as the electric power industry has been considered. According to recent developments regarding the strategy "Kazakhstan 2050", there is brought into operation and manufacture of renewable sources of energy, which are by nature very complex concepts. Due to the high dependence on climate and weather conditions, renewable energy sources are very complex in terms of the operation for the production of electrical energy. Therefore, there is proposed the development of intelligent power systems based on the concept of Smart Grid, which can guarantee a social development, a breakthrough increase in the consumer properties of the energy system, efficiency of operation of energy taking into account all development criteria electric power industry in the future.

Key words: intellectual electric power system, protection relay, electricity transmission, renewable energy sources, digital substation.

Электроэнергетика — важная часть жизнедеятельности человека. Представить себе жизнь без электрической энергии уже невозможно. Столь широкое распространение объясняется ее специфическими свойствами: возможностью превращаться практически во все другие виды энергии (тепловую, механическую, звуковую, световую и т.п.); способностью относительно просто передаваться на значительные расстояния в больших количествах. В промышленности электрическая энергия применяется как для приведения в действие различных механизмов, так и непосредственно в технологических процессах. Без нее невозможно было бы развитие кибернетики, вычислительной техники, космической техники. Огромную роль электроэнергия играет в транспортной промышленности. Электроэнергия в быту является основной частью обеспечения комфортабельной жизни людей. Уровень ее развития отражает уровень развития производительных сил общества и возможности научно-технического прогресса.

Какими бы надёжными не были электроэнергетические системы, в них неизбежно возникают повреждения и ненормальные режимы, которые в свою очередь могут приводить к возникновению аварий. При этом управлять электроэнергетическими системами нужно так, чтобы потребители не замечали последствий этих повреждений и нежелательных возмущающих воздействий. Из-за дефицита времени и необходимости высочайшей точности действий в этих условиях управление осуществляется автоматически с помощью устройств автоматики и релейной защиты. При возникновении повреждения или нежелательного режима управление электрическими системами должно осуществляться по особым алгоритмам. Это необходимо, чтобы и в экстремальных условиях всё же обеспечить нормальное электроснабжение (пусть не абсолютно всех) потребителей, предотвратить развитие аварии и снизить возможные объёмы разрушения повреждённого электрооборудования [1].

Релейная защита — это огромная управляющая система, представляющая собой совокупность согласованно и целенаправленно действующих взаимосвязанных (разнообразных по природе) элементов и автоматических устройств. Она охватывает практически все основные элементы электроэнергетической системы (крупные и мелкие), от генераторов, вырабатывающих электрическую энергию, до приёмников электрической энергии, преобразующих её в другие виды энергии.

Независимо от того, какие принципы положены в основу отдельных устройств релейной защиты для выявления повреждений, система в целом должна безошибочно находить повреждённые элементы и отделять их от исправной части электроэнергетической системы. Ключевую роль в решении этой управленческой задачи играет логика целенаправленного взаимодействия устройств и параметры их срабатывания, обеспечивающие реализацию процедур взаимодействия. Расчёты, выполняемые с целью определения конкретных значений параметров срабатывания устройств релейной защиты, имеют в связи с этим высочайшую практическую значимость и образуют методическую базу согласования устройств релейной защиты в единой системе [1,2] .

Действия средств релейной защиты организованы по принципу непрерывной оценки технического состояния отдельных контролируемых элементов электроэнергетических систем. На рисунке приведена схема электрической сети, содержащей линии электропередачи разных уровней напряжения W1 — W6, трансформаторы T1 — T4, электродвигатель M1, предохранители F1 — F3, коммутационные аппараты и эквивалентный источник питания E_C. Отдельные устройства релейной защиты (УРЗ), установленные на элементах электроэнергетических систем (генераторах, трансформаторах, линиях электропередачи, электродвигателях и др.), объединены в единую систему релейной защиты общей целью функционирования [2].

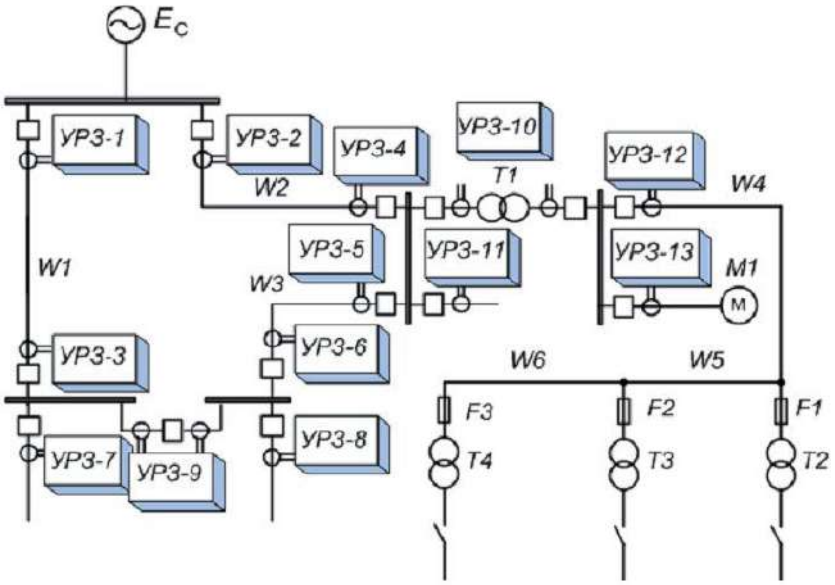


Рисунок 1. Пример схемы распределительной электрической сети с устройствами релейной защиты

В соответствии с этим принципом отдельные устройства релейной защиты (например, УРЗ-1 — УРЗ-13) функционально связаны между собой практически только общей логикой действий. Причём каждое устройство релейной защиты для локализации повреждения может воздействовать только на коммутационные аппараты того объекта, на котором оно установлено.

Необходимо отметить, что система релейной защиты, как правило, включает в себя устройства не только разные по принципам выявления повреждений, но и разные по способам воздействия на контролируемый объект. Так, единой логике действий должны подчиняться как сложнейшие многофункциональные устройства релейной защиты, воздействующие на выключатели и другие аппараты управления, так и простейшие защитные устройства (например, предохранители), в которых функции выявления и коммутации повреждённой электрической цепи совмещены. На рисунке предохранители F1, F2, F3 показаны в цепях питания трансформаторов T2 — T4. В некоторых случаях УРЗ формируют лишь световые и звуковые сигналы, а отделение

повреждённого элемента от исправной части электрической сети может производиться вручную оперативным персоналом [3].

Согласованность действий устройств, расположенных на значительных расстояниях друг от друга, как правило, достигается за счёт определённых параметров срабатывания (без применения физических каналов связи). Эти параметры в основном определяют точность и эффективность действия всей системы релейной защиты. В свою очередь это определяет живучесть электроэнергетических систем и степень риска развития аварийных ситуаций при возникновении повреждений.

Логические связи действуют в любых условиях и не подвержены воздействию внешних электрических и электромагнитных помех. Во многом благодаря этому свойству релейная защита имеет высочайшую степень надёжности.

В Послании Президента Республики Казахстан-Лидера нации Н.А. Назарбаева 14 декабря 2012г. представлена «Стратегия «Казахстан – 2050: новый политический курс состоявшегося государства», в разделе «Зеленая» экономика и окружающая среда» задана цель на достижение 50% доли использования альтернативной и возобновляемой энергии к 2050 году. В целом, в электроэнергетике, согласно концепции, планируется достигнуть совокупной доли альтернативных и возобновляемых источников энергии в размере 30% к 2030 году.

Толчком в развитии умных сетей стало масштабное применение возобновляемых источников энергии, которые характеризуются непостоянством выработки электроэнергии как по времени, так и по мощности. Все это вызывало дополнительные сложности в регулировании мощности и «перетоков» в электрической сети. В результате была необходима новая концепция электрических сетей, которая способна была бы обеспечить общественное развитие, прорывное повышение потребительских свойств и эффективности использования энергии с учетом всех факторов развития электроэнергетики в будущем. Такой концепцией и стала Smart Grid.

Работа возобновляемых источников энергии (ветер и солнце) обусловлена погодными и климатическими условиями, что делает управление и распределение электроэнергии еще более сложным. Как следствие, затрагивается стабильность сетей в части напряжения и частоты [4] .

Интеграция в сети возобновляемых источников энергии потребительского уровня (как правило, небольших ветрогенераторов и солнечных модулей, устанавливаемых на крыше), аккумулирование и распределенная выработка электроэнергии, электромобили и автономные электросети значительно изменили облик современной системы энергоснабжения.

Одно из самых важных достижений за годы эксплуатации интеллектуальных электросетей заключается в смене ролей: теперь потребители становятся производящими потребителями.

В техническом плане интеллектуальная сеть является совокупностью линий электропередачи всех классов напряжения, активных устройств электромагнитного преобразования электроэнергии, коммутационных аппаратов, устройств защиты и автоматики, информационно-технологических и адаптивных управляющих систем. При ее создании должны использоваться современные средства управления, новые системы диагностики и высокоскоростные системы передачи информации [5].

Интенсивный обмен данными, когда специально разработанные информационно-коммуникационные платформы управляют информационными потоками между участниками электросистемы, помогает избежать неполадок, контролировать производство энергии и регулировать нагрузки сети.

Инновационное развитие электроэнергетики сегодня характеризуется объединением электросетевой и информационной инфраструктур в узлах сети — цифровых подстанциях. Цифровая подстанция (ЦПС) — элемент активно-адаптивной (интеллектуальной) электросети с системой контроля, защиты и управления, основанной на передаче информации в цифровом формате. Технология ЦПС позволяет удешевить строительство подстанций, уменьшить их габариты, повысить надёжность и, в конечном счёте, повысить качество энергоснабжения потребителя, не увеличивая стоимость. Это в свою очередь, даёт повышение помехоустойчивости, сокращение количества оборудования, цепей вторичной коммутации и экономию площадей. ЦПС можно быстрее строить и проще выработать типовые проекты для тиражирования [3].

С появлением первых микропроцессорных релейных устройств защиты информация от них стала также интегрироваться и в системы АСУ ТП. Постепенно количество устройств с цифровыми интерфейсами увеличивалось (противоаварийная автоматика, системы мониторинга силового

оборудования, системы мониторинга щита постоянного тока и собственных нужд и т. д.). Вся эта информация от устройств нижнего уровня интегрировалась в АСУ ТП по цифровым интерфейсам.

Переход к качественно новым системам автоматизации и управления оказался возможен при появлении новых стандартов и технологий ЦПС, к которым, прежде всего, относится специально разработанный стандарт МЭК 61850. В отличие от других, он регламентирует не только вопросы передачи информации между отдельными устройствами, но и вопросы формализации описания схем-подстанций, защиты, автоматики и измерений, конфигурации устройств. В указанном стандарте предусматриваются возможности использования новых цифровых измерительных устройств (в том числе с цифровым оптическим выходом) вместо традиционных аналоговых измерителей (трансформаторов тока и напряжения). К примеру, цифровые измерительные трансформаторы передают мгновенные значения напряжения и токов по протоколу МЭК 61850-9-2 устройствам уровня присоединения. В итоге ИТ позволяют перейти к автоматизированному проектированию ЦПС, управляемых цифровыми интегрированными системами, и здесь будут аналогии с системами управления из ИКТ-отрасли.

Все информационные связи на ЦПС являются цифровыми и образуют единую шину процесса. Это открывает возможности быстрого и прямого обмена информацией между устройствами, что в конечном итоге позволяет отказаться от массы медных кабельных связей, отдельных устройств, а также добиться более компактного их расположения. Итак, главная особенность ЦПС состоит в том, что все её вторичные цепи — это цифровые каналы передачи данных, образующие единую информационную сеть (сеть передачи данных).

Таким образом, основой ЦПС является единая телекоммуникационная инфраструктура, выполненная на базе современных технологий. Основная идея, заложенная в идеологию ЦПС, — осуществлять мониторинг всех процессов как можно ближе к источникам информации, передавать полученные данные во все подсистемы посредством волоконно-оптических линий связи и виртуализировать большинство функций, выполняемых на подстанции [5].

Для сравнения "прошлых" и новых технологий можно привести примерные расчёты для оборудования "традиционной" подстанции и аналогичной по задачам ЦПС. В первом случае потребуется 150 км медного кабеля, 100 шкафов автоматического управления, 900 м2 площади, а общие затраты на оборудование и монтаж — около 400 млн. руб. Второй вариант требует 15 км волоконно-оптического кабеля, три шкафа защиты и управления (двойное резервирование того самого сервера), 150 м2 площади и общие затраты — около 160 млн. руб. Ну а если учесть, что с дистанционным мониторингом и всем прочим в ЦПС может управиться один оператор с планшетным ПК, нетрудно представить и общую выгоду по капитальным и операционных инвестиции [5,6] .

В мире началось массовое внедрение решений класса «цифровая подстанция», основанных на стандартах серии МЭК 61850, реализуются технологии управления «интеллектуальная сеть», что говорит об актуальности проведения научно-исследовательской работы по исследованию передачи сигналов по станционной шине и шине процесса «Process Bus» по протоколу МЭК 61850 08-1 GOOSE и МЭК 61850 09-2 между интеллектуально – электронными устройствами РЗА производителей разных компаний »

Список использованной литературы

1 Чернобровов Н.В., Сименов В.А. Релейная защита электроэнергетических систем./ - М. Энергоатомиздат. 1998.- 800 с.

2 Дьяков А.Ф., Овчоринков Н.И. Микропроцессорная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем./ - М.: МЭИ, 2000.

3 Неклепаев Б.И., Кречков И.П. Электрическая часть станций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования./ – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 608с.

4 Земсков В. И. Возобновляемые источники энергии в АПК. /Учебное пособие - М.: Лань, 2014. - 368 с.

5 Кожуховский И. Что станет драйвером развития интеллектуальной электроэнергетики?// РБК daily: ежедневная деловая газета. [Электронный ресурс]

6 Ахмедов Р.Б. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии./ М.:О-во «Знание», 1988.

УДК 534.1
ГРНТИ 30.15.27

К. Бисембаев[1], Н.Б. Серикбаева [2]

[1] д.тех.н., профессор Казахского национального педагогического университета имени Абая, Института механики и машиноведения, г. Алматы, Казахстан
[2] Магистрант по специальности Физика Казахского национального педагогического университета имени Абая, г. Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СОСТОЯНИЯ РАВНОВЕСИЯ ВИБРОЗАЩИЩАЕМЫХ ТЕЛ НА ОПОРАХ КАЧЕНИЯ, СО СПРЯМЛЕННЫМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ, С УЧЕТОМ ДЕФОРМИРУЕМОСТИ ОСНОВАНИЯ

Аннотация

В работе исследованы устойчивость состояния равновесия виброзащитных систем на опорах качения, ограниченных поверхностями вращения высокого порядка, с учетом деформируемости оснований. Показано, что деформация основания опоры качения влияет на устойчивость состояния равновесия виброзащищаемого тела на виброопорах со спрямленными поверхностями. Определен тип особых точек дифференциальных уравнений движения и установлена устойчивость состояния виброзащитных систем. Установлено, что тип особых точек в зависимости от параметров системы изменяется. Показан характер изменения интегральных кривых вблизи особых точек.

Ключевые слова: виброзащитные устройства**,** опора качения, нелинейные уравнения движения, устойчивость равновесия, тип особых точек, интегральные кривые.

Аңдатпа
К. Бисембаев[1], Н.Б. Серикбаева [2]

ТҮЗЕТІЛЕТІН БЕТТЕРМЕН ШЕКТЕЛГЕН ТЕҢСЕЛМЕЛІ ТІРЕККЕ ОРНАТЫЛҒАН ДІРІЛДЕН ҚОРҒАЛАТЫН ДЕНЕНІҢ ТЕПЕ-ТЕҢДІК КҮЙІНІҢ ОРНЫҚТЫЛЫҒЫН, ТАБАНЫНЫҢ ДЕФОРМАЦИЯЛАНАТЫН ЕСКЕРГЕН ЖАҒЫДАЙДА ЗЕРТТЕУ

[1] тех.ғ.д., профессор, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, У.А.Джолдасбеков атындағы Механика және машинатану институты, Алматы қ., Қазақстан
[2]Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Физика мамандығының магистранты, Алматы қ., Қазақстан

Бұл жұмыста жоғары дәрежелі беттермен шектелген теңселмелі тірекке орнатылған дірілденқорғау қондырғысының орнықтылығын табанының дефрмацияланатынын ескерген жағыдайда зерттеген. Түзетілетін беттері бар дірілтірекке орнатылған дірілден қорғалатын дененің тепе-теңдік күйінің орнықтылығына теңселмелі тірек табанының деформациясы ықпал ететіні көрсетілген. Қозғалысытың дефференциальдық теңдеуінің ерекше нүктесі типі анықталды және дірілден қорғайтын жүйенің орнықтылығы тағайындалды. Ерекше нүктелердің типі жүйенің параметрлеріне байланысты өзгеретіні тағайындалды. Ерекше нүктелердің маңында интегральдық қисықтардың өзгеру сипаты көрсетілді.

Түйін сөздер: Дірілденқорғау қондырғысы, теңселмелі тірек, сызықты емес қозғалыс теңдеуі, тепе-теңдіктің орнықтылығы, епекше нүкте, интегральдық қисықтар.

Abstract

INVESTIGATION OF STABILITY STATE OF EQUILIBRIUM OF VIBROPROTECTION BODIES ON THE ROLLING BEARINGS WITH RECTIFIED SURFACES WITH CONSIDERATION OF THE DEFORMABILITY OF THE BASIS

Bissembayev K.[1], Serikbayeva N.B.[2]

[1] Dr. Sci. (Engineering), Professor, Abai University, Dzholdasbekov Institute of Mechanics and Engineering, Almaty, Kazakhstan
[2] Student of Master's Programme in Physics, Abai University, Almaty, Kazakhstan

In the paper, the stability of the state of equilibrium of vibroprotection systems on the rolling supports of surfaces of high order limited by surfaces of revolution with allowance for the deformability of bases is investigated. It is shown that the base deformation of the rolling support affects the stability state of equilibrium of the vibroprotection body on vibrobearings with rectified surfaces. The type of singular points of differential equations of motion is determined and

the stability of state of vibroprotection systems is set. The type of singular points changes depending on the parameters of the systems is set. It is shown that the character of the variation of integral curves around the singular points.

Key words: vibroprotection devices, rolling contact bearing, nonlinear equations of motion, stability of equilibrium, type of singular points, integral curves.

1. Введение

Тела качения различного вида, как основной элемент виброзащитных устройств, широко применяются в строительстве для сейсмозащиты сооружений, в транспортной технике для предохранения перевозимых крупногабаритных грузов от продольных перегрузок и в других отраслях промышленности. При качении из-за деформации поверхностей соприкасающихся тел возникают трения качения, влияющие на характер движения системы и зависящие как от материала, так и от формы тел. Исследованию эффективности виброзащиты опорами качения, без учета трения качения, посвящены работы $[1]$.

Кинематические и динамические свойства виброзащитных опор качения, несущие элементы которого выполнены в виде поверхностей вращения высокого порядка, исследованы в работе К. Бисембаева [2, 3].

В настоящей работе исследуются устойчивость состояния равновесия виброзащищаемых тел на абсолютно жестких опорах качения, ограниченных поверхностями вращения высокого порядка с учетом деформируемости основании.

Возникновение деформации основании объясняется этом случае распределением сил давления катка на релаксирующий грунт по поверхности соприкосновения.

Законы, которым подчиняются напряжения и деформации в релаксирующем грунте, выбраны по реологическим моделям Томсона [4, 5].

2. Постановка задачи

Рассмотрим опору качения следующей конструкции: тело качения ограниченно сверху и снизу поверхностями, заданными соответственно уравнениями

$$z_1 = a_1 r_1^n, \quad z_2 = a_2 r_2^m, \tag{1}$$

где

$$r_1 = \sqrt{x_1^2 + y_1^2}, \qquad r_2 = \sqrt{x_2^2 + y_2^2}$$

Уравнения (1) отнесены к системе координат связанных с опорой качения (рис.1). Радиусы кривизны вершины этих поверхностей при n, m > 2 стремятся к бесконечности, т.е. имеет место спрямление поверхностей опоры (рис.2). Горизонтальное смещение оснований, обозначено координатой $x_0(t), y_0(t)$. Смещение верхнего тела, опирающегося на опору качения, через x (t), y(t).

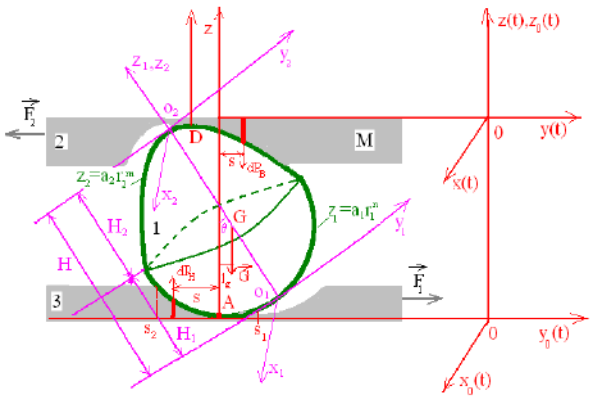


Рисунок 1. Система координат для описания движения опоры качения: $1 - Z_1 = a_1 r_1^n$ *уравнение кривой нижней поверхности опоры качения,* $2 - Z_2 = a_2 r_2^m$ *уравнение кривой верхней поверхности опоры качения.*

Законы, которым подчиняются напряжения и деформации в релаксирующем грунте, выбраны по реологическим моделям Томсона и подчиняются закону

$$W = K \cdot u + \mu \cdot \frac{du}{dt} \tag{2}$$

где К – модуль жесткости, а μ - коэффициент внутреннего трения, W и u удельного давления опоры качения на грунт и осадка грунтов соответственно.

Силы трения качения, возникающие, при качении абсолютно жесткой опоры со спрямленными поверхностями на деформируемый грунт (при $n = m$), имеет вид [4]

$$F = \varepsilon \frac{PN_n}{(n-1)H} \cdot \frac{\left[(x-x_0)(\dot{x}-\dot{x}_0)+(y-y_0)(\dot{y}-\dot{y}_0)\right]}{\left[(x-x_0)^2+(y-y_0)^2\right]^{\frac{2n-3}{2(n-1)}}},$$

При плоских движениях F имеет вид

$$F = \varepsilon \frac{PN_n}{(n-1)H} \cdot \frac{(\dot{x}-\dot{x}_0)}{(x-x_0)^{\frac{n-2}{n-1}}} \tag{3}$$

где $\varepsilon = \mu / K$ -период релаксации грунта; $P = P_H + P_B$. где P_H и P_B - вертикальные силы давления опоры качения на нижнего и верхнего основания соответственно,

$$N_n = \frac{1}{\sqrt[n-1]{nN}} \left(\frac{1}{\sqrt[n-1]{a_1}} + \frac{1}{\sqrt[n-1]{a_2}} \right)$$

3. Уравнение движения

Уравнение движения тела на опорах качения со спрямленными поверхностями с учетом трения качения на релаксирующих основаниях имеет вид [3]

$$\ddot{x} + \varepsilon \frac{\omega_0^2 N_n}{n-1} \cdot \frac{\dot{x}}{x^{\frac{n-2}{n-1}}} + N_n \omega_0^2 x^{\frac{1}{n-1}} - \omega_0^2 x = 0. \tag{4}$$

Уравнение (4) можно свести к уравнению в безразмерной форме

$$\frac{d^2\tilde{x}}{d\tau^2} + \tilde{\varepsilon} \frac{N_2}{(n-1)\tilde{x}^{\frac{n-2}{n-1}}} \frac{d\tilde{x}}{d\tau} + N_2 \tilde{x}^{\frac{1}{n-1}} - \tilde{x} = 0, \tag{5}$$

где

$$\tilde{x} = \left(\frac{N_2}{N_n} \right)^{\frac{n-1}{n-2}} \cdot x, \quad N_2 = \frac{a_1 + a_2}{2Ha_1a_2}, \quad \tilde{\varepsilon} = \varepsilon \cdot \omega_0, \quad \tau = t \cdot \omega_0.$$

4. Исследование устойчивости состояния равновесия системы.

Исследуем устойчивость равновесия системы. Переходя к переменным $\tilde{x} = \xi$ и η из уравнения (5) получаем эквивалентную ему систему [6]

$$\begin{aligned} \frac{d\xi}{d\tau} &= \eta - \tilde{\varepsilon} N_2 \xi^{\frac{1}{n-1}} \\ \frac{d\eta}{d\tau} &= \xi - N_2 \xi^{\frac{1}{n-1}} \end{aligned} \tag{6}$$

Чтобы отыскать на фазовой плоскости состояние равновесия, нужно найти те фазовые точки, где фазовая скорость равняется нулю, или иначе говоря, нужно найти точки пересечения кривых

$$\begin{aligned} \eta - \tilde{\varepsilon} N_2 \xi^{\frac{1}{n-1}} &= 0 \\ \xi - N_2 \xi^{\frac{1}{n-1}} &= 0 \end{aligned} \tag{7}$$

Эти точки будут особыми точками дифференциального уравнения первого порядка, определяющего интегральные кривые:

$$\frac{d\eta}{d\xi} = \frac{\xi - N_2 \xi^{\frac{1}{n-1}}}{\eta - \tilde{\varepsilon} N_2 \xi^{\frac{1}{n-1}}} \tag{8}$$

В этом смысле мы будем говорить, что состояния равновесия нашей динамической системы суть особые точки семейства интегральных кривых на фазовой плоскости.

Перейдем теперь к исследованию устойчивости состояний равновесия.

1. Случай консервативной системы, т.е. $\tilde{\varepsilon}=0$. Для этого случая уравнение (8) примет вид

$$\frac{d\eta}{d\xi}=\frac{\xi-N_2\xi^{\frac{1}{n-1}}}{\eta} \tag{9}$$

Дифференциальное уравнение интегральных кривых (9) в этом случае имеет интеграл:

$$\frac{\eta^2}{2}+\frac{(n-1)}{n}N_2\xi^{\frac{n}{n-1}}-\frac{\xi^2}{2}=C\ \ (=const) \tag{10}$$

и две особые точки которой соответствуют состоянию равновесия системы:

1) $\bar{\eta}=0,\bar{\xi}=0$; 2) $\bar{\eta}=0,\bar{\xi}=N_2^{\frac{n-1}{n-2}}$

Для построения интегральных кривых можно воспользоваться тем обстоятельством, что уравнение (10) разрешается относительно η:

$$\eta=\pm\sqrt{2C-\frac{2(n-1)}{n}N_2\xi^{\frac{n}{n-1}}+\xi^2} \tag{11}$$

На рисунке 2 и 3 изображены графики потенциальных энергии и семейство фазовых траектории соответственно.

Потенциальная энергия имеет вид

$$U(\xi)=\frac{(n-1)}{n}N_2\xi^{\frac{n}{n-1}}-\frac{\xi^2}{2} \tag{12}$$

Минимум потенциальной энергии имеет место для $\bar{\eta}=0,\bar{\xi}=0$, а максимум для. $\bar{\eta}=0,\bar{\xi}=N_2^{\frac{n-1}{n-2}}$

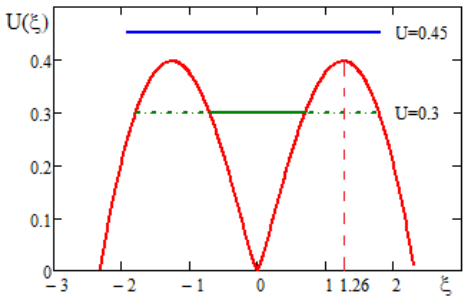


Рисунок 2. График зависимости потенциальной энергии виброзащищаемых тел от координат

На фазовой плоскости (рис.3) интегральная кривая 1, является замкнутой кривой охватывающей точку $\bar{\eta}=0,\bar{\xi}=0$. Особую точку, окруженную интегральными кривыми дифференциального уравнения с не типичным характером поведения, назовём центр. Особая точка типа центр, соответствует устойчивому состоянию равновесия.

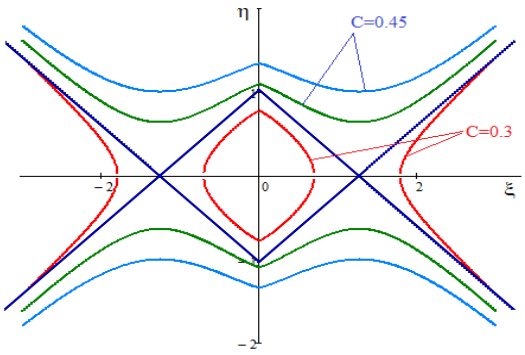


Рисунок 3. Интегральные кривые на фазовой плоскости

Рассмотрим теперь случай, когда состоянию равновесия соответствует максимум потенциальной энергии, т.е. особым точкам $\bar{\eta}=0,\bar{\xi}=N_2^{\frac{n-1}{n-2}}$. Найдем аналитические условия существования такой особой точки и приближенные уравнения для интегральных кривых в непосредственной близости к состоянию равновесия. Вблизи особой точкой с координатой $\bar{\eta}=0,\bar{\xi}=N_2^{\frac{n-1}{n-2}}$, разложение потенциальной энергии в ряд имеет вид

$$U(\xi)=\frac{(n-1)}{n}N_2\bar{\xi}^{\frac{n}{n-1}}-\frac{\bar{\xi}^2}{2}-\frac{n-2}{2(n-1)}\left(\xi-\bar{\xi}\right)^2 \tag{13}$$

Так как $U(\xi)$ для $\bar{\xi}=N_2^{\frac{n-1}{n-2}}$ имеет максимум, т.е. $U''(\xi)<0$. То пологая

$$C=\frac{(n-1)}{n}N_2\bar{\xi}^{\frac{n}{n-1}}-\frac{\bar{\xi}^2}{2}$$

получим уравнение узлов имеющих вид

$$\eta=\sqrt{\frac{n-2}{n-1}}\left(\xi-\bar{\xi}\right)^2 \qquad \text{и} \qquad \eta=-\sqrt{\frac{n-2}{n-1}}\left(\xi-\bar{\xi}\right)^2 \tag{14}$$

Нетрудно видеть, что особая точка в этом случае является узловой точкой узлов. Для малых значений

$$C-\left(\frac{(n-1)}{n}N_2\bar{\xi}^{\frac{n}{n-1}}-\frac{\bar{\xi}^2}{2}\right)=\alpha$$

Получим семейство кривых, которые вблизи особой точки ведут себя подобно гиперболам, определяемым уравнением

$$\frac{\eta^2}{2\alpha}-\frac{n-2}{2(n-1)\alpha}\left(\xi-\bar{\xi}\right)^2=1 \tag{15}$$

Вид узлов и характер интегральных кривых в непосредственной близости к особой точке $\bar{\eta}=0,\bar{\xi}=N_2^{\frac{n-1}{n-2}}$ изображена на рисунке 3 (кривая 2). Особые точки такого типа называются седла. Особой точке типа седла соответствует всегда неустойчивое состояние равновесия. При $n=2$ особая точка исчезает.

2. Случай неконсервативной системы, т.е. $\tilde{\varepsilon}\neq 0$. Для этого случая уравнение (6) имеет два состояния равновесия системы:

1) $\bar{\eta}=0,\bar{\xi}=0$; 2) $\bar{\eta}=\tilde{\varepsilon}N_2^{\frac{1}{n-2}},\bar{\xi}=N_2^{\frac{n-1}{n-2}}$

Выясним характер состояний равновесия $\bar{\eta}=0,\bar{\xi}=0$. Напишем систему дифференциальных уравнений (6) в виде уравнения первого порядка

$$\frac{\frac{d\xi}{d\tau}-\eta}{\frac{d\eta}{d\tau}-\xi}=\tilde{\varepsilon} \tag{16}$$

Переходя в системе (16) к полярным координатам $\xi=r\cos\varphi,\eta=r\sin\varphi$, получим

$$\dot{r}\cos\varphi-r\dot{\varphi}\sin\varphi-r\sin\varphi=\tilde{\varepsilon}\left(\dot{r}\sin\varphi+r\dot{\varphi}\cos\varphi-r\cos\varphi\right)$$

Приравнивая в левой и правой частях уравнения (16) коэффициенты при $\cos\varphi$ и $\sin\varphi$ получим следующую систему уравнений в виде

$$\begin{aligned}&\dot{r}-\tilde{\varepsilon}r\dot{\varphi}+\tilde{\varepsilon}r=0\\&\tilde{\varepsilon}\dot{r}+r\dot{\varphi}+r=0\end{aligned} \tag{17}$$

После несложных преобразований (17) получаем

$$(1+\tilde{\varepsilon}^2)\dot{r}+2\tilde{\varepsilon}r=0$$
$$r\left[(1+\tilde{\varepsilon}^2)\dot{\varphi}+\left(1-\tilde{\varepsilon}^2\right)\right]=0 \qquad (18)$$

Решения систему уравнений (18) при начальных условиях $r=r_0$, $\varphi=\varphi_0$, получим

$$r=r_0 e^{-\frac{2\tilde{\varepsilon}}{1+\tilde{\varepsilon}^2}\tau}, \quad \varphi=\varphi_0-\frac{1-\tilde{\varepsilon}^2}{1+\tilde{\varepsilon}^2}\tau \qquad (19)$$

На рисунке 4 построено график зависимости радиус вектора r от безразмерного времени τ. Радиус вектор непрерывно приближается к началу координат, не достигая его, однако, в конечное время, значит, состояние равновесия имеет характер устойчивого фокуса.

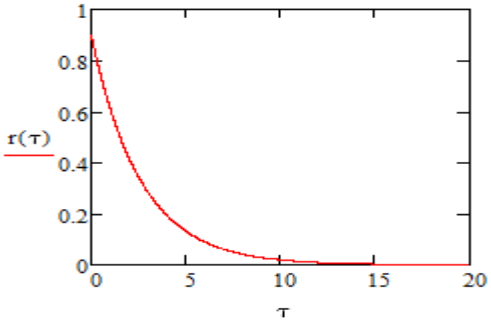


Рисунок 4.Зависимость радиус- вектора от времени

Теперь исследуем состояние равновесия $\bar{\eta}=\tilde{\varepsilon}N_2^{\frac{1}{n-2}}, \bar{\xi}=N_2^{\frac{n-1}{n-2}}$. Для выяснения характера движения, при наличии некоторых отклонений от состояния равновесия, введем вместо переменных ξ,η переменные u,w, определив их как смещение относительно положения равновесия

$$\xi=w+\bar{\xi},\ \eta=u+\bar{\eta} \qquad (20)$$

Подставим (20) в систему уравнений (6) и разложим нелинейные члены в ряд по степеням w. Ограничиваясь первой степенью w, получим систему линеаризованных уравнений, описывающих поведение системы около состояния равновесия

$$\frac{dw}{d\tau}=-\frac{\tilde{\varepsilon}}{n-1}w+u$$
$$\frac{du}{d\tau}=\frac{n-2}{n-1}w \qquad (21)$$

с характеристическим уравнением

$$\lambda^2+\frac{\tilde{\varepsilon}}{n-1}\lambda-\frac{n-2}{n-1}=0 \qquad (22)$$

Оба корня характеристического уравнения (22) действительны и противоположены по знаку, следовательно особая точка $\bar{\eta}=\tilde{\varepsilon}N_2^{\frac{1}{n-2}}, \bar{\xi}=N_2^{\frac{n-1}{n-2}}$ является седлом, состояние равновесия неустойчиво.

5. Вывод

Проведены исследования устойчивости виброзащищаемого тела на виброопорах ограниченных поверхностями вращения высокого порядка с учетом деформируемости основания.

Показано, что деформация основания опоры качения влияет на устойчивость состояния равновесия виброзащищаемого тела на виброопорах со спрямленными поверхностями.

Определены типы особых точек дифференциальных уравнений движения и установлена устойчивость состояния виброзащитных систем.

Список использованной литературы

1 Бисембаев К. Колебания тела на опорах со спрямленными поверхностями // Изв. АН КазССР. сер. физ.-мат. 1988. №3. с. 65-69.

2 Бисембаев К., Сагиева Ж.Н. Свободные колебания твердого тела на опорах качения, ограниченных поверхностями вращения высокого порядка с учетом трения качения на релаксирующих основаниях// Вестник КазНПУ им. Абая, Сер. физ.- мат. науки №4(20). – Алматы. - 2007. - С.81-88

3 Бисембаев К. Колебания твердого тела на опорах качения со спрямленными поверхностями с учетом трения качения на релаксирующих грунтах//Вестник «Математика-механика-информатика», КазНУ им. аль-Фараби, №1 (56). – Алматы. - 2008. - С.102-110

4 Bissembayev K., Omyrzhanova Zh. Friction arising from rolling of a bearing with straightened surfaces on a relaxing ground.// Proceedings of 22nd International Scientific Conference "MECHANIKA 2017", Kaunas University of Technology, Lithuania, 19 May 2017, 52-57;

5 Ишлинский А.Ю. Прикладные задачи механики. книга первая, М.: «Наука», 1986.- 354с.

6 Андронов А.А., Виит А.А., Хайкин С.Э. Теория колебания, М.: «Гос. изд. физ.-мат. лит.». 1959.-916с.

УДК 534.1
ГРНТИ 30.15.27

К. Бисембаев[1], С.М. Тезекеев[2], Г.Р. Накыпбек[3]

[1] д.тех.н., профессор Казахского национального педагогического университета имени Абая, Института механики и машиноведения, г. Алматы, Казахстан
[2] старший преподаватель Казахского национального педагогического университета имени Абая, г. Алматы, Казахстан
[3] Магистрант по специальности Физика Казахского национального педагогического университета имени Абая, г. Алматы, Казахстан

КОЛЕБАНИЯ ФИЗИЧЕСКОГО МАЯТНИКА С ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ТОЧКОЙ ПОДВЕСА, С НЕИДЕАЛЬНЫМ ИСТОЧНИКОМ ЭНЕРГИИ

Аннотация

В работе исследуются характеристики физического маятника с вращающейся точкой подвеса, колебания которого создаются возмущениями ограниченной мощности. Составлены динамическая и математическая модели, определены области существования режимов движения физического маятника с вращающейся точкой подвеса, в зависимости от мощности возбуждения.

Исследованы колебательные движения физического маятника с вращающейся точкой подвеса. Построены амплитудно-частотные характеристики, определены условия ограничивающие амплитуды колебательного движения ведущего звена. Найден закон изменения амплитуды колебательного движения. Показано, что частота колебательного движения зависит от амплитуды, а также от параметров источника энергии и механизма.

В связи с тем, что математическое моделирование дает приемлемые для практики хорошие показатели, то результаты проведенных исследований могут быть успешно использованы при проектировании вибрационной техники с физическом маятником.

Ключевые слова: Физический маятник, возмущения ограниченной мощности, нелинейные колебания, устойчивость равновесия, параметрические возмущения.

Аңдатпа

К. Бисембаев[1], С.М. Тезекеев[2], Г.Р. Накыпбек[3]

ИДЕАЛДЫ ЕМЕС ЭНЕРГИЯ КӨЗІ БАР, АСПА НҮКТЕСІ АЙНАЛАТЫН ФИЗИКАЛЫҚ МАЯТНИКТІҢ ТЕРБЕЛІСІ

[1] тех.ғ.д., профессор, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, У.А.Джолдасбеков атындағы Механика және машинатану институты, Алматы қ., Қазақстан
[2] Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университетінің аға оқытушысы, Алматы қ., Қазақстан
[3]Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Физика мамандығының магистранты, Алматы қ., Қазақстан

Бұл жұмыста шектелген қуатты ұйытқытудан аспа нүктесі айналатын физикалық маятниктің сипаттамалары зерттеледі. Динамикалық және математикалық моделдері жасалынды, аспа нүктесі айналатын физикалық маятниктің қозғалыс режимдерінің болу аймақтарының қозғалтқыш қуатына тәуелділігі анықталды. Аспа нүктесі айналатын физикалық маятниктің тербелмелі қозғалысы зерттелді. Амплитуда-жиеліктік сипаттамалар тұрғылды, жетекші звеноның тербелмелі қозғалысының амплитудасына қойылатын шарттар анықталды. Тербелмелі қозғалыстың амплитудасының өзгеру заңдылықтары табылды. Тербелмелі қозғалыстың

жиелігі, амплитудаға, энергия көзінің және механизмнің параметрлеріне тәуелді болатыныны көрсетілді. Математикалық моделдеу практикалық қолданыстарда жақсы нәтижелер көрсеткендіктен, жүргізілген зерттеудің нәтижелерін физикалық маятниктің көмегімен діріл технологиясын жасауда сәтті қолданылуы мүмкін.

Түйін сөздер: физикалық маятник, куаты шектелген ұйытқыту, сызықты емес тербеліс, тепе-теңдіктің орнықтылығы, параметрлік ұйытқыту.

Abstract

OSCILLATIONS OF A PHYSICAL PENDULUM WITH ROTATING SUSPENSION POINT WITH A NON-IDEAL ENERGY SOURCE

Bissembayev K.[1], Tezekeyev S.M.[2], Nakypbek G.R.[3]

[1] Dr. Sci. (Engineering), Professor, Abai University, Dzholdasbekov Institute of Mechanics and Engineering, Almaty, Kazakhstan

[2] Senior Lecturer of the Abai University, Almaty, Kazakhstan

[3] Student of Master's Programme in Physics, Abai University, Almaty, Kazakhstan

In the thesis, the characteristics of a physical pendulum with rotating suspension point with perturbation of limited power are investigated. Dynamical and mathematical models have complied, the areas of the existence of motion modes of a physical pendulum with rotating suspension point are determined depending on the power of excitation.

The oscillatory motion of a physical pendulum with rotating suspension point is investigated. Amplitude-frequency characteristics are constructed, the conditions imposing on amplitudes of the oscillatory motion of the leading link are determined. The law of change of the amplitude of oscillatory motion is found. It is shown that the frequency of oscillatory motion depends on the amplitude, parameters of energy source and mechanism. Due to the fact mathematical modeling gives good results for practice, the results of the research can be successfully used in the design of vibration technology with a physical pendulum**.**

Key words: physical pendulum, perturbation of limited power, nonlinear oscillations, the stability of equilibrium, parametric perturbations.

1. Введение

В последнее время в машиностроительной практике, вибрационная техника создается на базе рычажных механизмов. Эти механизмы обладают уникальными возможностями для создания колебательного движения исполнительного звена. Разработка вибрационных механизмов на основе математического моделирования дает приемлемые для практики хорошие результаты.

Вибрационные машины, связанные с технологическими процессами, используются практически во всех отраслях промышленности. В одних случаях определенные технологические процессы могут быть осуществлены только благодаря использованию вибрации, а в других – применение вибрации приводит к значительной интенсификации процессов и повышению качественных показателей.

Конструктивные схемы вибрационных машин, как правило, не сложны, но для успешной работы необходимо точно определить их параметры, что можно сделать только на основе исследования динамики вибрационных машин и выполняемых ими технологических процессов.

С давних пор хорошо изучены движения маятника с неподвижной точкой подвеса, совершающего колебания под действием силы тяжести. Оставляя в стороне случай сферического маятника, который может принимать произвольное положение в пространстве, мы ограничимся рассмотрением плоского маятника, колебания которого протекают в некоторой фиксированной вертикальной плоскости.

Новая страница в исследовании колебаний маятника была открыта, когда стали изучать маятник, точка подвеса которого сама совершает колебания малой амплитудой, но высокой частоты, т.е. с вибрирующей точкой подвеса (для определенности будем говорить о вертикально вибрирующей точке подвеса). Эффект оказался совершенно неожиданным и весьма поучительным! Оказалось, что под действием вибрации точки подвеса, нижее положение равновесия (устойчивое для обычного маятника) может стать неустойчивым, зато верхнее положение равновесия (неустойчивое для обычного маятника) может превратиться в устойчивое.

Бисембаев К., Искаков Ж. [1] исследовали колебательное движение вибрационного стола пресс - автомата на плоских рычажных механизмах. Разработана математическая модель вибрационного стола пресс – автомата с ортогональным механизмом.

В книге [2] рассматриваются механические системы линейные и нелинейные, в предположении, что они получают воздействие или возбуждение от источников энергии, имеющих ограниченную мощность.

Дальнейшее развитие представлений о свойствах колебательных систем, взаимодействующих с источником энергии, было получено в работе [3]. Здесь приводится анализ динамики автоколебательных систем, взаимодействующих с источниками энергии при наличии нелинейных упругих связей, периодических, параметрических воздействий и запаздывания. Рассматриваются нелинейные вынужденные и параметрические колебания систем, взаимодействующих с двумя источниками энергии.

Целью данной работы является исследование динамики колебания физического маятника с вращающейся точкой подвеса, с неидеальным источником энергии.

2. Кинематические соотношения

Расчетная модель физического маятника с вращающейся точкой подвеса показана на Рис. 1. Начало координатной системы OXY располагаем на оси вращения диска. Здесь через X и Y обозначаем координаты центра масс C физического маятника (Рис.1).

Из уравнений замкнутости векторных контуров $OO'C$ в проекциях на координатные оси можно записать следующие кинематические соотношения.

$$\begin{aligned} x_C &= r\cos\varphi + l_C \sin\psi, \\ y_C &= r\sin\varphi + l_C \cos\psi \end{aligned} \tag{1}$$

где x_C, y_C координаты центра масс физического маятника относительно система координат Oxy, l_C - расстояния от центра масс C физического маятника до начала подвижной системы координат $O'x'y'$. Здесь φ - угол оси вращения диска и ψ -угол отклонение физического маятника относительно вертикальной оси подвижной системы координат $O'x'y'$ см. (Рис.1).

Расстояние l_C от центра масс C физического маятника имеет вид:

$$l_C = \frac{m_c + 2m_g}{2\left(m_c + m_g\right)} l \tag{2}$$

где l, m_c длина и масса стержня соответственно, m_g -масса груза. Скорость центр масс физического маятника относительно неподвижной системы координат OXY имеет вид:

$$\begin{aligned} \dot{x}_C &= -r\dot{\varphi}\sin\varphi + l_C\dot{\psi}\cos\psi, \\ \dot{y}_C &= r\dot{\varphi}\cos\varphi - l_C\dot{\psi}\sin\psi \end{aligned} \tag{3}$$

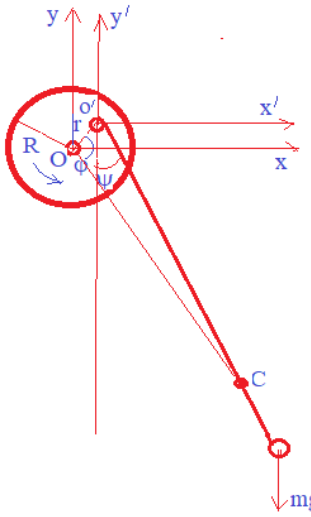


Рисунок 1. Схема физического маятника с вращающейся точкой подвеса.

3. Уравение движения физического маятника с вращающейся точкой подвеса

Составим дифференциальное уравнение движения физического маятника с вращающейся точкой подвеса. Для вывода уравнения движения физического маятника с вращающейся точкой подвеса воспользуемся уравнениями Лагранжа второго рода.

Кинетическая энергия системы имеет вид:

$$T=\frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}m_dR^2+2m_gr^2+m_cr^2\right)\dot{\varphi}^2+\frac{\left(m_c+2m_g\right)^2}{8\left(m_c+m_g\right)}\dot{\psi}^2+\frac{\left(m_c+2m_g\right)rl}{2}\dot{\varphi}\dot{\psi}\sin\left(\varphi-\psi\right), \tag{4}$$

где m_d - масса диска

Потенциальную энергию системы представим в виде

$$\Pi=\left(m_c+m_g\right)gr\sin\varphi+\frac{\left(m_c+2m_g\right)gl}{2}\left(1-\cos\psi\right) \tag{5}$$

В кинематических парах физического маятника с вращающейся точкой подвеса возникают силы трения, во многих случаях эти силы существенно влияют на движение механизма. При определении силы трения основываемся на законе трения, известном под названием Амонтона-Кулона. В соответствии с этим законом, модули сил трения и их моменты принимаются пропорциональными модулям нормальных составляющих реакций.

Момент силы трения, возникающее во вращательных парах имеет вид

$$L_{mp}=\nu N_p sign\dot{\psi} \tag{6}$$

$$L_{b.mp}=\mu\dot{\psi}, \tag{7}$$

где ν - коэффициент трения вращения во вращательных парах, μ - коэффициент вязкого трения груза, N_p - момент силы реакции во вращательных парах.

Напишем уравнение Лагранжа второго рода

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{dT}{d\dot{\varphi}}\right)-\frac{dT}{d\varphi}=-\frac{d\Pi}{d\varphi}+L_{mp}+L_{b.mp}+M_D\ , \tag{8}$$

где M_D - вращательный момент, создающийся двигателем.

Неидеальный источник энергии не может обеспечить заранее предписанный закон изменения вращательного момента системы, поскольку режим работы самого двигателя будет зависит от движения колебательной системы. Задание вращательного момента сил в виде явной функции времени становиться невозможным. Воздействие неидеального источника энергии на колебательную систему приходится выражать в виде функции $M_D(\varphi,\dot{\varphi})$, где φ - координата движения источника энергии.

Вращающий момент на валу некоторого двигателя, например, двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением определяется по формуле

$$M_D=M_g-\beta\dot{\varphi},$$

где M_g и β постоянные коэффициенты, зависящие от параметров двигателя.

Подставив (4) - (7) в (8), получим уравнение движения физического маятника с вращающейся точкой подвеса в виде

$$\begin{aligned}
&a_{11}\ddot{\varphi}+\frac{1}{2}a_{12}\ddot{\psi}\sin\left(\varphi-\psi\right)+\frac{1}{2}a_{12}\dot{\psi}^2\cos\left(\varphi-\psi\right)=-c_{11}\cos\varphi+M_g-\beta\dot{\varphi}\\
&a_{22}\ddot{\psi}-\frac{1}{2}a_{12}\ddot{\varphi}\sin\left(\varphi-\psi\right)-\frac{1}{2}a_{12}\dot{\varphi}^2\cos\left(\varphi-\psi\right)=-c_{22}\sin\psi-\nu N_p sign\dot{\psi}-\mu\dot{\psi}
\end{aligned} \tag{9}$$

где

$$a_{11}=\frac{1}{2}m_dR^2+2m_g\left(1+\frac{m_c}{2m_g}\right)r^2, a_{22}=\frac{m_g\left(1+\frac{m_c}{2m_g}\right)^2l^2}{\left(1+\frac{m_c}{m_g}\right)}, a_{12}=2m_g\left(1+\frac{m_c}{2m_g}\right)rl\ ,$$

$$c_{11}=m_g\left(1+\frac{m_c}{m_g}\right)gr, c_{22}=m_g\left(1+\frac{m_c}{2m_g}\right)gl\ .$$

При условии $\nu = \mu = 0$ уравнение движения системы преобразуется к виду

$$a_{11}\ddot{\varphi} + \frac{1}{2}a_{12}\ddot{\psi}\sin(\varphi-\psi) + \frac{1}{2}a_{12}\dot{\psi}^2\cos(\varphi-\psi) + c_{11}\cos\varphi = M_g - \beta\dot{\varphi} \tag{10}$$

$$a_{22}\ddot{\psi} - \frac{1}{2}a_{12}\ddot{\varphi}\sin(\varphi-\psi) - \frac{1}{2}a_{12}\dot{\varphi}^2\cos(\varphi-\psi) + c_{22}\sin\psi = 0 \tag{11}$$

Исключая $\ddot{\varphi}$ из уравнения (11) с помощью уравнения (10) и после некоторых преобразование получим

$$\ddot{\psi} + \frac{c_{22}}{a_{22}}\sin\psi - \frac{1}{2}\frac{a_{12}}{a_{22}}\dot{\varphi}^2\cos(\varphi-\psi) = -\frac{a_{12}^2}{4a_{11}a_{22}}\ddot{\psi}\sin^2(\varphi-\psi) - \frac{1}{4}\frac{a_{12}^2}{a_{11}a_{22}}\dot{\psi}^2\cos(\varphi-\psi)\sin(\varphi-\psi) -$$
$$-\frac{a_{12}c_{11}}{2a_{11}a_{22}}\cos\varphi\sin(\varphi-\psi) + \frac{a_{12}}{2a_{11}a_{22}}(M_g - \beta\dot{\varphi})\sin(\varphi-\psi) \tag{12}$$

При стационарном движении двигателя имеет место следующее соотношение

$$M_g - \beta\dot{\varphi} = 0\,, \tag{13}$$

откуда

$$\dot{\varphi} = \frac{M_g}{\beta}, \varphi = \Omega t + \varphi_0\,,$$

где $\Omega = \frac{M_g}{\beta}$, φ_0 - начальное положения диска.

При условии $r << 1$, уравнение колебательного движения физического маятника при стационарном вращательном движение точки подвеса, имеет вид

$$\ddot{\psi} + \omega_0^2\left(1 + \lambda\Omega^2\sin(\Omega t + \varphi_0)\right)\sin\psi = \gamma\Omega^2\cos(\Omega t + \varphi_0)\,, \tag{14}$$

где

$$\omega_0^2 = \frac{c_{22}}{a_{22}} = \frac{\left(1 + \frac{m_c}{m_g}\right)}{\left(1 + \frac{m_c}{2m_g}\right)}\frac{g}{l},\ \lambda = \frac{r}{g}, \gamma = \frac{r}{l}$$

Уравнение (14) оказывается существенно нелинейным параметрическим дифференциальным уравнениям второго порядка.

4. Устойчивость состояния равновесия физического маятника с вращающейся точкой подвеса.

Исследуем устойчивость состояния равновесия физического маятника с вращающейся точкой подвеса. Используем теоремы Лагранжа-Дирихле об устойчивости равновесия консервативной системы. При устойчивом состоянии равновесия потенциальная энергия консервативной системы будет минимальной.

Потенциальная энергия системы является функцией двух переменных, соответственно состояние равновесия должно описываться системой двух уравнений

$$\frac{\partial\Pi}{\partial\varphi} = \cos\varphi = 0, \frac{\partial\Pi}{\partial\psi} = \sin\psi = 0 \tag{15}$$

Решение этой системы уравнений имеет вид:

$$\left(\varphi_1 = \frac{\pi}{2}, \psi_1 = 0\right); \left(\varphi_2 = \frac{3\pi}{2}, \psi_1 = \pi\right) \tag{16}$$

Составим частные производные второго порядка от потенциальной энергии

$$\frac{\partial^2\Pi(\varphi_i,\psi_j)}{\partial\varphi_i^2} = \sin\varphi_i = A_i, \frac{\partial^2\Pi(\varphi_i,\psi_j)}{\partial\psi_j^2} = \cos\psi_j = C_j, \frac{\partial^2\Pi(\varphi_i,\psi_j)}{\partial\varphi_i\partial\psi_j} = 0 = B_{ij} \tag{17}$$

Потенциальная энергия системы будет иметь минимум при условии [4]

$A_i C_j - B_{ij}^2 > 0$

Следовательно, условием устойчивости состояния равновесия физического маятника с вращающейся точкой подвеса будет

$$\left(\varphi_2 = \frac{3\pi}{2}, \psi_1 = 0\right) \tag{18}$$

5. Исследование колебательного движения физического маятника с вращающейся точкой подвеса.

При условии $r << 1$ имеет место $\lambda << 1$, следовательно, уравнение (14) может быть преобразовано к виду

$$\ddot{\psi} + \omega_0^2 \sin\psi = \gamma\Omega^2 \cos\left(\Omega t + \varphi_0\right) \tag{19}$$

Для построения решений уравнения (19) желательно его преобразовать к стандартной форме [5]. Для этого рассмотрим консервативную систему, описываемую уравнением

$$\ddot{\psi} + \omega_0^2 \sin\psi = 0 \tag{20}$$

которое имеет общее решение вида

$$\psi = \sum_{k=1}^{\nu} A_{2k-1} \sin(2k-1)\psi \tag{21}$$

зависящего от двух интегралов движения A_k и ψ. Нелинейную часть уравнения (20) представим в виде [1,8].

$$\sin(\sum_{k=1}^{\nu} A_{2k-1} \sin(2k-1)\theta) = \sum_{k=1}^{\nu} D_{2k-1} \sin(2k-1)\theta, \tag{22}$$

где $\theta = \omega(A)t.$

Выбирая требуемое число точек коллокации в интервале $0 \le (2k-1)\omega t \le 2\pi$, получим систему алгебраических уравнений

$$\begin{aligned}
&\alpha_{11}D_1 + \alpha_{13}D_3 + ... + \alpha_{1,2\nu-1}D_{2\nu-1} = \sin(\sum_{k=1}^{\nu} \alpha_{1,2k-1}A_{2k-1}) = \Phi_1(a_0, A_1, A_3, ..., A_{2\nu-1}) \\
&\alpha_{21}D_1 + \alpha_{23}D_3 + ... + \alpha_{2,2\nu-1}D_{2\nu-1} = \sin(\sum_{k=1}^{\nu} \alpha_{2,2k-1}A_{2k-1}) = \Phi_2(a_0, A_1, A_3, ..., A_{2\nu-1}) \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
&\alpha_{\nu 1}D_1 + \alpha_{\nu 3}D_3 + ... + \alpha_{\nu,2\nu-1}D_{2\nu-1} = \sin(\sum_{k=1}^{\nu} \alpha_{\nu,2k-1}A_{2k-1}) = \Phi_\nu(a_0, A_1, A_3, ..., A_{2\nu-1}),
\end{aligned} \tag{23}$$

где $\alpha_{i,2k-1} = \sin(2k-1)\theta_i,$

θ_i - значение аргумента в i точке коллокации. Определитель системы (23) не равен нулю для выбранных произвольных точек коллокации, внутри периода. Разрешая эту систему относительно коэффициентов D_{2k-1} [8], получим

$$D_{2k-1} = \sum_{i=1}^{\nu} \beta_{2k-1,i} \Phi_i(a_0, A_1, A_3, ..., A_{2\nu-1}), \tag{24}$$

где

$$\beta_{2k-1,i} = \frac{\Delta_{i,2k-1}}{\Delta}$$

$$\Delta=\begin{vmatrix}\alpha_{11};\alpha_{13;}...;\alpha_{1,2\nu-1}\\ \alpha_{21};\alpha_{23};...;\alpha_{2,2\nu-1}\\ .....\\ \alpha_{\nu1};\alpha_{\nu3};...;\alpha_{\nu,2\nu-1}\end{vmatrix};\ \Delta_{11}=\begin{vmatrix}\alpha_{23};\alpha_{25};...;\alpha_{2,2\nu-1}\\ \alpha_{33};\alpha_{33};...;\alpha_{3,2\nu-1}\\ .....\\ \alpha_{\nu3};\alpha_{\nu3};...;\alpha_{\nu,2\nu-1}\end{vmatrix};...\ \Delta_{\nu,2\nu-1}=\begin{vmatrix}\alpha_{11};\alpha_{13};.....;\alpha_{1,2\nu-1}\\ \alpha_{21};\alpha_{23};.....;\alpha_{2,2\nu-1}\\ .....\\ \alpha_{\nu-1,1};\alpha_{\nu-1,3};...;\alpha_{\nu-1,2\nu-1}\end{vmatrix}.$$

Теперь подставив выражения (24) и (22) в уравнение (20) и приравнивая коэффициенты при одинаковых гармониках $\sin(2k-1)\theta$, получим ν уравнений

$$-(2k-1)^2\omega^2A_{2k-1}+\omega_0^2D_{2k-1}(A_1,A_3,...,A_{2k-1})=0 \quad (k=1,2,...,\nu). \tag{25}$$

Представим эти уравнения в виде

$$\omega^2=\frac{\omega_0^2D_1(A_1,A_3,...,A_{2\nu-1})}{A_1} \tag{26}$$

$$A_{2k-1}=\frac{\omega_0^2D_{2k-1}(a_0,A_1,A_3,...,A_{2k-1})}{(2k-1)^2\omega^2}$$

$(k=2,3,...,\nu).$

Таким образом, первое уравнение определяет частоты нелинейной системы через амплитуды гармоник решения, а последующее уравнение определяет амплитуды высших гармоник.

Уравнение (26) в полученной форме удобно для выполнения итерации. Решения, полученные методом итерации, в большинстве случаев быстро сходятся, так как выражения для амплитуд $2k-1$ гармоник A_{2k-1} обратно пропорциональны множителю $(2k-1)^2\omega^2$.

Метод итерации удобно начинать, задавая значения $A_1\neq 0; A_3=...=A_{2\nu-1}=0$. С помощью первого уравнения (26) получим выражение для амплитудно-частотной характеристики. Остальные уравнения позволяют уточнить форму собственного колебания системы, представленной усеченным тригонометрическим рядом.

Ограничиваясь тремя членами в решении (21), представим систему уравнений (26) в виде

$$\omega^2=\frac{\omega_0^2}{A_1}\left[\begin{array}{l}\frac{\Delta_{11}}{\Delta}\sin(\alpha_{11}A_1+\alpha_{13}A_3+\alpha_{15}A_5)-\frac{\Delta_{12}}{\Delta}\sin(\alpha_{21}A_1+\alpha_{23}A_3+\alpha_{25}A_5)+\\ +\frac{\Delta_{13}}{\Delta}\sin(\alpha_{31}A_1+\alpha_{33}A_3+\alpha_{35}A_5)\end{array}\right] \tag{27}$$

$$A_3=\frac{\omega_0^2}{4\omega^2}\left[\begin{array}{l}-\frac{\Delta_{31}}{\Delta}\sin(\alpha_{11}A_1+\alpha_{13}A_3+\alpha_{15}A_5)+\frac{\Delta_{32}}{\Delta}\sin(\alpha_{21}A_1+\alpha_{23}A_3+\alpha_{25}A_5)+\\ +\frac{\Delta_{33}}{\Delta}\sin(\alpha_{31}A_1+\alpha_{33}A_3+\alpha_{35}A_5)\end{array}\right],$$

где

$$\alpha_{11}=\sin(\frac{\pi}{6});\alpha_{13}=\sin(\frac{\pi}{2});\alpha_{15}=\sin(\frac{5\pi}{6});\alpha_{21}=\sin(\frac{\pi}{4});\alpha_{23}=\cos(\frac{3\pi}{4});\alpha_{25}=\sin(\frac{5\pi}{4})$$

$$\alpha_{31}=\sin(\frac{\pi}{3});\alpha_{33}=\cos(\pi);\alpha_{35}=\sin(\frac{5\pi}{3})$$

$$\Delta=\begin{vmatrix}\alpha_{11};\alpha_{13};\alpha_{15}\\ \alpha_{21};\alpha_{23};\alpha_{25}\\ \alpha_{31};\alpha_{33};\alpha_{35}\end{vmatrix};\ \Delta_{11}=\begin{vmatrix}\alpha_{23};\alpha_{25}\\ \alpha_{33};\alpha_{35}\end{vmatrix};\Delta_{12}=\begin{vmatrix}\alpha_{13};\alpha_{15}\\ \alpha_{33};\alpha_{35}\end{vmatrix};\Delta_{13}=\begin{vmatrix}\alpha_{13};\alpha_{15}\\ \alpha_{23};\alpha_{25}\end{vmatrix};\Delta_{31}=\begin{vmatrix}\alpha_{21};\alpha_{25}\\ \alpha_{31};\alpha_{35}\end{vmatrix};$$

$$\Delta_{32}=\begin{vmatrix}\alpha_{11};\alpha_{15}\\ \alpha_{31};\alpha_{35}\end{vmatrix};\Delta_{33}=\begin{vmatrix}\alpha_{11};\alpha_{15}\\ \alpha_{21};\alpha_{25}\end{vmatrix};\Delta_{51}=\begin{vmatrix}\alpha_{21};\alpha_{23}\\ \alpha_{31};\alpha_{33}\end{vmatrix};\Delta_{52}=\begin{vmatrix}\alpha_{11};\alpha_{13}\\ \alpha_{31};\alpha_{33}\end{vmatrix};\Delta_{53}=\begin{vmatrix}\alpha_{11};\alpha_{13}\\ \alpha_{21};\alpha_{23}\end{vmatrix}.$$

Для первого приближения полагаем, что $A_1\neq 0; A_3=A_5=0$. Подставляя, в место функций синусов, три его члена разложения из ряда Тейлора, представим систему уравнений (27) в виде

$$\begin{aligned}\omega^{(1)}&=\omega_0\sqrt{1-\chi A_1^2}\\ A_3^{(1)}&=\frac{\omega_0^2}{9\omega^2}\left(\sigma_{31}A_1-\delta_{31}A_1^3\right)\\ A_5^{(1)}&=\frac{\omega_0^2}{25\omega^2}\left(\sigma_{51}A_1-\delta_{51}A_1^3\right),\end{aligned}\qquad(28)$$

где

$$\delta_{31}=\frac{1}{6}\left(-\frac{\alpha_{11}^3\Delta_{31}}{\Delta}+\frac{\alpha_{21}^3\Delta_{32}}{\Delta}-\frac{\alpha_{31}^3\Delta_{32}}{\Delta}\right)\ \delta_{51}=\frac{1}{6}\left(\frac{\alpha_{11}^3\Delta_{51}}{\Delta}-\frac{\alpha_{21}^3\Delta_{52}}{\Delta}+\frac{\alpha_{51}^3\Delta_{32}}{\Delta}\right)$$

$$\sigma_{31}=-\frac{\alpha_{11}\Delta_{31}}{\Delta}+\frac{\alpha_{21}\Delta_{32}}{\Delta}-\frac{\alpha_{31}\Delta_{33}}{\Delta}.\qquad\sigma_{51}=\frac{\alpha_{11}\Delta_{51}}{\Delta}-\frac{\alpha_{21}\Delta_{52}}{\Delta}+\frac{\alpha_{31}\Delta_{53}}{\Delta}.$$

На рис. 2 построена зависимость частоты от амплитуды колебаний для различных значения массы груза (1- $m_g=3кг$, 2- $m_g=14кг$, 3- $m_g=34кг$) при следующих значениях параметров.

$$R=0,5м, r=0,3м, l=2м, g=9\frac{м}{с^2}, m_d=6кг,8, m_c=1кг, m_g=3кг, m_g=14кг, m_g=34кг$$

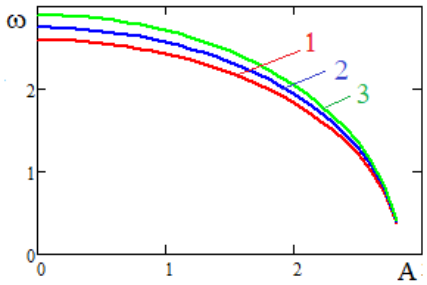


Рисунок 2. Амплитудно-частотные характеристики колебательного движения физического маятника с вращающейся точкой подвеса.

Теперь рассмотрим решения уравнений (19). Приближенное решение уравнения движения и нелинейного члена в (19) представим в виде ряда:

$$\psi=\sum_{k=1}^{\nu}C_{2k-1}\sin[(2k-1)\Omega t+\psi_{0,2k-1}]\qquad(29)$$

$$\sin(\sum_{k=1}^{\nu}C_{2k-1}\sin[(2k-1)\Omega t+\psi_{0,2k-1}]=\sum_{k=1}^{\nu}L_{2k-1}\sin[(2k-1)\Omega t+\psi_{0,2k-1}],\qquad(30)$$

где $L_1=\omega_0^2\left(1-\chi C_1^2\right)C_1; L_3=\omega_0^2\left(\sigma_{31}C_1-\delta_{31}C_1^3\right); L_5=\omega_0^2\left(\sigma_{51}C_1-\delta_{51}C_1^3\right)$

Подставляя (29) и (30) в уравнение (19) и приравнивая коэффициенты при $\sin\Omega t$ и $\cos\Omega t$, приходим к следующей системе уравнений:

$$\begin{aligned}(-\Omega^2 C_1 + L_1)\cos\psi_{01} &= -\gamma\Omega^2\sin\varphi_0 \\ (-\Omega^2 C_1 + L_1)\sin\psi_{01} &= -\gamma\Omega^2\cos\varphi_0\end{aligned} \tag{31}$$

$$\begin{aligned}(-9\Omega^2 C_3 + L_3)\cos\psi_{03} &= 0 \qquad (-25\Omega^2 C_5 + L_5)\cos\psi_{05} = 0 \\ (-9\Omega^2 C_3 + L_3)\sin\psi_{03} &= 0 \qquad (-25\Omega^2 C_5 + L_5)\sin\psi_{05} = 0\end{aligned} \tag{32}$$

Из систем уравнений (27) и (28), получим

$$\Omega = \omega_0\sqrt{\frac{\left(1-\chi C_1^2\right)C_1}{C_1+\gamma}} \tag{33}$$

$$C_3 = \frac{\left(\sigma_{31}-\delta_{31}C_1^2\right)\left(C_1+\gamma\right)}{9\left(1+\chi C_1^2\right)}, C_5 = \frac{\left(\sigma_{51}-\delta_{51}C_1^2\right)\left(C_1+\gamma\right)}{9\left(1+\chi C_1^2\right)} \tag{34}$$

На основе выражения (33) построены резонансные кривые первой гармоники (рис.3) физического маятника с вращающейся точкой подвеса, при различных значениях длины стержня l (1-$l_1 = 0.5м$, 2-$l_2 = 1м$, 3-$l_3 = 5м$). С ростом l, ширина резонансной кривой уменьшается.

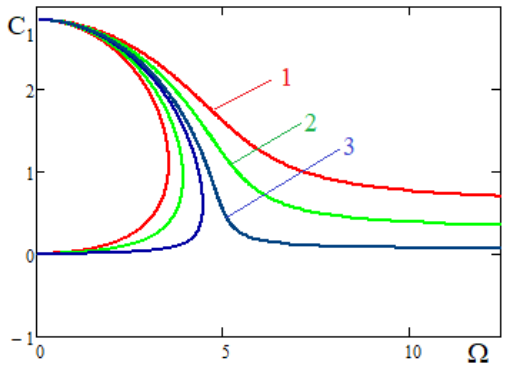


Рисунок 3. Резонансные кривые первой гармоники для различных значений длины стержня l (1-$l_1 = 0.5м$, 2-$l_2 = 1м$, 3-$l_3 = 5м$).

6. Заключение

В работе были исследованы характеристики физического маятника с вращающейся точкой подвеса, с возмущениями ограниченной мощности. Построены динамическая и математическая модели вибрационного движения физического маятника с вращающейся точкой подвеса. Установлен закон изменения амплитуды колебательного движения данного физического маятника и зависимость частоты колебательного движения от амплитуды, от параметров источника энергии и механизма.

Список использованной литературы

1 Bissembayev K., Iskakov Zh.. Oscillations of the orthogonal mechanism with a non-ideal source of energy in the presence of a load on the operating link, Mechanism and Machine Theory 92, 2015, p. 153-170.

2 Кононенко В.О., Колебательные системы с ограниченным возбуждением, Наука, Москва, 1964.

3 Алифов А.А., Фролов К.В., Взаимодействие нелинейных колебательных систем с источниками энергии, Наука, Москва, 1985.

4 Смирнов В.И., Курс высшей математики, том I, М.: «Наука», 1974.

5 Moyseyev N.N., Asymptotic methods of non-linear mechanics, Science, Moscow, 1969.

6 Hayashi C., Nonlinear Oscillations in Physical Systems, Chapters 1, 3 – 6, McGraw – Hill, 1

7 Tondle A., Nonlinear oscillations of mechanical systems, World, Moscow,1973.

8 Bisembayev K., Pyatetskiy V.O., Исследование нелинейных колебаний тела на опорах качения с выпрямленными поверхностями, Bulletin of the Kiev University, The series of physics and mathematics, No. 5, (1992).

УДК 532.5
ГРНТИ 30.17.51

Л.Д. Диярова[1]

[1]*к.ф-м.н., доцент, Каспийский государственный университет технологии и инжиниринга имени Ш.Есенова, г.Актау, Казахстан*

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДВИЖЕНИЯ ДВУХСЛОЙНОЙ ЖИДКОСТИ В ЗАКРЫТЫХ КАНАЛАХ

Аннотация

В работе исследуется движение двухслойной стратифицированной жидкости (нефти и воды) в трубопроводе. В частности, рассматривается ламинарное движение вязкой несжимаемой двухслойной жидкости в круглой трубе с учетом сил поверхностного натяжения. Для аппроксимации уравнения используем конечно-разностную схему, обладающей свойством консервативности и однородности. В этом случае условие сопряжений на границе раздела сред, выражающие непрерывность скорости и касательного напряжения, будут выполняться автоматически. В работе приводится численное решение задачи. Существенное снижение аварийности нефтепромыслового оборудования возможно только при знании причин, вызывающих коррозию. Поэтому особую актуальность приобретают выяснения механизма порывов трубопроводов, чтобы попытаться разработать «противоядие». Данная работа может быть использована при прогнозировании аварий трубопроводов на нефтяных месторождениях.

Ключевые слова: ламинарное движение, число Рейнольдса, конечно-разностная схема, численное решение.

Аңдатпа

Л.Д. Диярова[1]

ЖАБЫҚ КАНАЛДАРДАҒЫ ҚОСҚАБАТТЫ СҰЙЫҚТЫҚТЫҢ ҚОЗҒАЛЫСЫНЫҢ КЕЙБІР ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

[1]*ф-м.ғ.к., доцент, Ш.Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университеті, Актау қ., Қазақстан*

Мұнай, кен орындарында құбырдың төменгі қабырғасының ішкі бетінің істен шығуына байланысты, құбыр өткізгіштердің жарылуы жиеленіп кетті. Істен шығудың осындай түрі «жылғалану эффекті» деп аталынады. Осыған байланысты бұл жұмыста цилиндрлік құбырларға беттік тартылу күштерін есебінен және оларды ескермеген жағдайдағы қосқабатты араласпайтын сұйықтардың (мұнай және су) ағысының зандылықтары мен сандық шешімі қарастырылған. Мұнай-кәсіпшілік жабдықтарының апаттарын азайту үшін біріншіден коррозияны туғызатын себебін табу керек. Сондықтан апаттарды (құбырлардың жарылуын) жою жұмыстарын анықтау керек. Бұл жұмысты мұнай кен орындарындағы құбырлардағы апаттар туралы болжам жасауда пайдалануға болады.

Түйін сөздер: ламинарлық қозғалыс, Рейнольдс саны, шекті-айырмалы сұлба, сандық шешім.

Abstract

SOME FEATURES OF THE MOTION TWO-LAYER LIQUID IN CLOSED CHANNELS

Diyarova L.D. [1]

[1]*Cand. Sci. (Phys-Math), Associate Professor, Sh.Yessenov Caspian state university of technologies and engineering (Yessenov University) , Aktau, Kazakhstan*

In this paper there has been studied the motion of two-layer stratified liquid (oil and water) in a pipeline. Particularly, it has been considered the laminar motion of a viscous incompressible two-layer fluid in a circular tube, taking into account surface tension forces. For an approximation the equation, it has been used a finite-difference scheme that has the property of conservatism and homogeneity. In this case, the conjugation condition on the media interface expressing the continuity of the velocity and shearing stress will be automatically satisfied. There is a numerical solution of the problem provided in this paper. A significant reduction in the accident rate of oilfield equipment is possible only if one knows the causes that cause corrosion. Therefore, the clarification of the mechanism of the gusts of pipelines becomes especially urgent in order to try to develop an "antidote". This work can be used in forecasting pipeline accidents at oil fields.

Key words: *the laminar motion, Reynolds number, a finite-difference scheme, a numerical solution.*

Рассмотрим ламинарное движение вязкой несжимаемой двухслойной жидкости в круглой трубе с учетом сил поверхностного натяжения. Такая краевая задача об осесимметричном движении жидкости в декартовой системе координат будет иметь вид с определенными граничными условиями

$$\mu\left(\frac{\partial^2\omega}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\omega}{\partial y^2}\right)=\frac{dP}{dz},-\frac{dP}{dz}=const, \qquad (1)$$

где ω - скорость, P - давление, μ - динамическая вязкость, x, y, z - декартовы координаты, причем z направлено по длине канала в сторону движения жидкости.[1].

Для удобства решения запишем уравнение (1) в безразмерном виде, принимая:

$$\breve{x}=\frac{x}{D},\breve{y}=\frac{y}{D},\breve{z}=\frac{z}{D},\breve{\mu}=\frac{\mu}{\mu_2},\breve{P}=\frac{P}{\rho_2\omega_2^0},\breve{\omega}=\frac{\omega}{\omega_2^0},$$

где D - диаметр трубы, ω_2^0 - среднерасходная скорость жидкости, ρ - плотность. Значок «˘» для краткости опустим, тогда уравнение (1) примет вид :

$$\frac{1}{\mathrm{Re}}\left[\frac{\partial}{\partial x}\left(\mu\frac{\partial\omega}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\mu\frac{\partial\omega}{\partial y}\right)\right]=\frac{dP}{dz},$$

где $\mathrm{Re}=\dfrac{D\cdot\omega_2^0\cdot\rho_2}{\mu_2}$ - число Рейнольдса.

Так как $\dfrac{1}{\mathrm{Re}}=const$, то

$$\left[\frac{\partial}{\partial x}\left(\mu\frac{\partial\omega}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\mu\frac{\partial\omega}{\partial y}\right)\right]=\mathrm{Re}\cdot\frac{dP}{dz} \qquad (2)$$

Для аппроксимации уравнения (2) воспользуемся конечно-разностной схемой, обладающей свойством консервативности и однородности.[5]. В этом случае условие сопряжений на границе раздела сред, выражающие непрерывность скорости и касательного напряжения, будут выполняться автоматически. Численное решение уравнения (2) можно произвести методом сквозного счета. Преимущество сквозного счета очевидны по сравнению с методом раздельного решения задачи в каждой области течения двух жидкостей (нефти и воды) путем склеивания их на границе раздела сред с использованием условий сопряжения. Непрерывный сквозной счет более точен и эффективен по сравнению с методом раздельного счета. [6,3]. Поэтому для конечно-разностного представления уравнения (2) используем однородную схему.

Конечно-разностную схему уравнения (2) можно получить методом контрольного объема и для этого плоскость поперечного сечения трубы покрываем согласованной сеткой с неравномерными шагами как по оси Ox, так и по оси Oy (Рис.1).

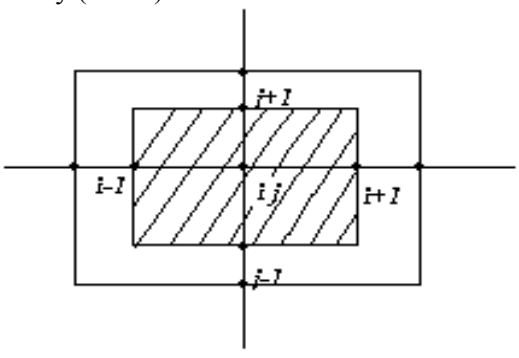


Рисунок 1.

Интегрирование уравнения (2) производим по элементарной площади согласованной сетки. [2,3,5].

$$\int_{x_{i-\frac{1}{2}}}^{x_{i+\frac{1}{2}}}\int_{y_{j-\frac{1}{2}}}^{y_{j+\frac{1}{2}}}\left[\frac{\partial}{\partial x}\left(\mu\frac{\partial\omega}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\mu\frac{\partial\omega}{\partial y}\right)\right]dxdy=\int_{x_{i-\frac{1}{2}}}^{x_{i+\frac{1}{2}}}\int_{y_{j-\frac{1}{2}}}^{y_{j+\frac{1}{2}}}\left[\mathrm{Re}\cdot\frac{dP}{dz}\right]dxdy$$

Интегрируя двойной интеграл и используя теорему о среднем, получим:

$$\left[\mu_{i+\frac{1}{2}j}\cdot\frac{\omega_{i+\frac{1}{2}j}-\omega_{i-\frac{1}{2}j}}{x_{i+\frac{1}{2}}-x_{i-\frac{1}{2}}}-\mu_{i-\frac{1}{2}j}\frac{\omega_{i+\frac{1}{2}j}-\omega_{i-\frac{1}{2}j}}{x_{i+\frac{1}{2}}-x_{i-\frac{1}{2}}}\right]\cdot(y_{j+\frac{1}{2}}-y_{j-\frac{1}{2}})+$$
$$+\left[\mu_{ij+\frac{1}{2}}\cdot\frac{\omega_{ij+\frac{1}{2}}-\omega_{ji-\frac{1}{2}}}{y_{j+\frac{1}{2}}-y_{j-\frac{1}{2}}}-\mu_{ij-\frac{1}{2}}\frac{\omega_{ij+\frac{1}{2}}-\omega_{ij-\frac{1}{2}}}{y_{j+\frac{1}{2}}-y_{j-\frac{1}{2}}}\right]\cdot(x_{i+\frac{1}{2}}-x_{i-\frac{1}{2}})= \quad (3)$$
$$=(\mathrm{Re}\cdot\frac{dP}{dz})\cdot(x_{i+\frac{1}{2}}-x_{i-\frac{1}{2}})\cdot(y_{j+\frac{1}{2}}-y_{j-\frac{1}{2}})$$

После несложных преобразований найдем:

$$\frac{(\mu_{i+1j}+\mu_{ij})\cdot(\omega_{i+1j}-\omega_{ij})}{(x_{i+1}-x_i)(x_{i+1}-x_{i-1})}-\frac{(\mu_{ij}-\mu_{i-1j})(\omega_{ij}-\omega_{i-1j})}{(x_i-x_{i-1})(x_{i+1}-x_{i-1})}+\frac{(\mu_{ij-1}+\mu_{ij})(\omega_{ij+1}-\omega_{ij})}{(y_{j+1}-y_j)(y_{j+1}-y_{j-1})}-$$
$$-\frac{(\mu_{ij}-\mu_{ij-1})(\omega_{ij}-\omega_{ij-1})}{(y_j-y_{j-1})(y_{j+1}-y_{j-1})}==(\mathrm{Re}\frac{dP}{dz}) \quad (4)$$

Суммирование разностного аналога (4) по всей области позволяет получить разностное выражение интегрального условия сохранения импульса, что и показывает консервативность выбранной схемы [4].

В разностном аналоге (4) градиент давления и число Рейнольдса исключим с помощью замены переменной $\omega_{ij}=v_{ij}\cdot(\mathrm{Re}\cdot(-\frac{dP}{dz}))$ и получим

$$\frac{(\mu_{i+1j}+\mu_{ij})\cdot(v_{i+1j}-v_{ij})}{(x_{i+1}-x_i)(x_{i+1}-x_{i-1})}-\frac{(\mu_{ij}-\mu_{i-1j})(v_{ij}-v_{i-1j})}{(x_i-x_{i-1})(x_{i+1}-x_{i-1})}+\frac{(\mu_{ij-1}+\mu_{ij})(v_{ij+1}-v_{ij})}{(y_{j+1}-y_j)(y_{j+1}-y_{j-1})}-\frac{(\mu_{ij}-\mu_{ij-1})(v_{ij}-v_{ij-1})}{(y_j-y_{j-1})(y_{j+1}-y_{j-1})}=-1 \quad (5)$$

Вводя разностные операторы, (5) перепишем в виде:

$$\Lambda v_{ij}=(\Lambda_1+\Lambda_2)\cdot v_{ij}=-1 \quad (6)$$

где Λ_1 - оператор по координате x, Λ_2 - оператор по координате y.

Градиент давления $\frac{dP}{dz}$ определяется из разностного выражения интегрального условия сохранения расхода сопряжения на границе раздела двух сред. Используя известный метод трапеции [3], условие сопряжения на границе раздела нефти и воды представим в разностной форме

$$\sum_{j\equiv1}^{N_1}\sum_{i\equiv1}^{N_2}\rho_{ij}\omega_{ij}\Delta x_i\Delta y_j=const_1,$$

$$const=\rho_1\omega_1^0\Omega_1+\rho_2\omega_2^0\Omega_2,$$

Тогда

$$\mathrm{Re}\cdot(-\frac{dP}{dz})=\frac{const}{const_1} \quad (7)$$

Таким образом, конечно-разностное выражение (5) и (7) позволяет построить алгоритм численного решения уравнения (2).

Для решения разностного аналога уравнения (2) рассмотрим итерационную схему стабилизирующей поправки [3,5]. Используя метод установления при $t\to\infty$, решим уравнение

$$\frac{dv_{ij}}{dt}+\Lambda\cdot v_{ij}+1=0 \quad (8)$$

В качестве итерационной схемы возьмем продольно-поперечную схему с переменным шагом по времени [1]:

$$\frac{v_{ij}^{n+\frac{1}{2}} - v_{ij}^{n}}{\tau} + \Lambda_1 \cdot v_{ij}^{n+\frac{1}{2}} + \Lambda_2 \cdot v_{ij}^{n} + 1 = 0 \quad (9)$$

$$\frac{v_{ij}^{n+1} - v_{ij}^{n}}{\tau} + \Lambda_1 \cdot v_{ij}^{n+\frac{1}{2}} + \Lambda_2 \cdot v_{ij}^{n+1} + 1 = 0 \quad (10)$$

Введем поправки:

$$\xi_{ij}^{n+\frac{1}{2}} = v_{ij}^{n+\frac{1}{2}} - v_{ij}^{n} \quad \text{и} \quad \xi_{ij}^{n+1} = v_{ij}^{n+1} - v_{ij}^{n} \quad (11)$$

Подставляя их в (9) и (10) и, производя некоторые вычисления, получим:

$$(E + \tau \cdot \Lambda_1) \cdot \xi_{ij}^{n+\frac{1}{2}} + \tau \cdot (\Lambda \cdot v_{ij}^{n} + 1) = 0 \quad (12)$$

$$(E + \tau \cdot \Lambda_2) \cdot \xi_{ij}^{n+1} = \xi_{ij}^{n+\frac{1}{2}}, \left\| \frac{v_{ij}^{n+1} - v_{ij}^{n}}{\tau} \right\| \le \varepsilon = 10^{-4} \quad (13)$$

Далее, применяем метод прогонки [5] сначала по оси Ох, а затем по оси Оу. Выражение (12) можно записать в виде

$$\tau \cdot \frac{(\mu_{i+1j} + \mu_{ij})}{(x_{i+1} - x_i)(x_{i+1} - x_{i-1})} \cdot \xi_{i+1j}^{n+\frac{1}{2}} + (1 - \tau \cdot \left[\frac{\mu_{i+1j} + \mu_{ij}}{(x_{i+1} - x_i)(x_{i+1} - x_{i-1})} + \frac{\mu_{ij} + \mu_{i-1j}}{(x_i - x_{i-1})(x_{i+1} - x_{i-1})} \right]) \cdot \xi_{ij}^{n+\frac{1}{2}} +$$
$$+ \tau \cdot \frac{\mu_{ij} + \mu_{i-1j}}{(x_i - x_{i-1})(x_{i+1} - x_{i-1})} \cdot \xi_{i-1j}^{n+\frac{1}{2}} = -\tau \cdot (\Lambda \cdot v_{ij}^{n} + 1) \quad (14)$$

Аналогичным образом запишем трёхточечную форму для (13):

$$\tau \cdot \frac{(\mu_{ij+1} + \mu_{ij})}{(y_{j+1} - y_j)(y_{j+1} - y_{j-1})} \cdot \xi_{ij}^{n+1} + (1 - \tau \cdot \left[\frac{\mu_{ij-1} + \mu_{ij}}{(y_{j+1} - y_j)(y_{j+1} - y_{j-1})} + \frac{\mu_{ij} + \mu_{ij-1}}{(y_j - y_{j-1})(y_{j+1} - y_{j-1})} \right]) \cdot \xi_{ij}^{n+1} +$$
$$+ \tau \cdot \frac{\mu_{ij} + \mu_{ij-1}}{(y_j - y_{j-1})(y_{j+1} - y_{j-1})} \cdot \xi_{ij}^{n+1} = \xi_{ij}^{n+\frac{1}{2}} \quad (15)$$

Трехточечные формы (14), (15) легко решаются методом прогонки.

Для апробации выбранной конечно-разностной схемы и метода численного решения был проведен расчет ламинарного движения однородной жидкости в трубе. Профиль такого течения является параболой, где максимум скорости находится на оси трубы. Это убеждает нас в правильности решения уравнения (2), так как решение есть ни что иное как течение Пуазейля [6].

Список использованной литературы

1 Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа: Учебник для вузов / М.:Дрофа.-2003.-840с.

2 Шейпак А.А. Гидравлика и гидропневмопривод: Учебное пособие.Ч.1. Основы механики жидкости и газа./ М.:МГИУ,-2003.-192с.

3 Сологаев В.И. Задачи по механике жидкости и газа:учебное пособие/СибАДИ.Омск,-1995.-24с.

4 Роуч П. Вычислительная гидродинамика. М.: Мир,1980.-616с.

5 Бахвалов Н.С. Численные методы./ М.: Наука, - 2006. - 631 с.

6 Воробьев Г.Н., Данилова А.Н. Практикум по численным методам./М.: Высшая школа,-2007.-184с.

УДК 629.7
ГРНТИ 89.23.31

К.С. Жилисбаева [1], А.А. Жилисбаев [2], А.Ж. Исмаилова [3]

[1]д.ф.-м.н., профессор кафедры механики, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан
[2]магистрант Назарбаев Университета, г. Астана, Казахстан
[3]PhD докторант кафедры механики, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧИ МАГНИТНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ НАМАГНИЧЕННОГО СПУТНИКА НА НАКЛОННОЙ ОРБИТЕ

Аннотация

В работе рассматривается задача магнитной стабилизации намагниченного спутника, центр масс которого движется по наклонной орбите в геомагнитном поле, моделируемого прямым диполем. Построена математическая модель магнитной стабилизации движения спутника и демпфирования возникающих нутационных колебаний с помощью системы маховиков.

По результатам численного интегрирования уравнений движения спутника многошаговым методом Адамса-Башфорта-Мултона переменного порядка построены графики зависимости кинематических параметров спутника для различных наклонений орбиты ($i = 0^0, 15^0, 30^0, 45^0, 60^0, 75^0$). Выявлены особенности магнитной стабилизации спутника в магнитном поле на наклонной орбите.

Ключевые слова: магнитная стабилизация, геомагнитное поле, наклонная орбита, системы маховиков.

Аңдатпа

К.С. Жилисбаева [1], А.А. Жилисбаев [2], А.Ж. Исмаилова [3]

КӨЛБЕУ ОРБИТАДАҒЫ МАГНИТТЕЛГЕН СЕРІКТІ МАГНИТТІК ТҰРАҚТАНДЫРУ ЕСЕБІНІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІ

[1]ф.-м.ғ.д., механика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2]магистрант, Назарбаев Университеті, Астана қ., Қазақстан
[3] PhD докторант, механика кафедрасы, атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

Бұл жұмыста геомагниттік өрісте массалар центрі көлбеу орбита бойымен қозғалатын магниттелген серіктің магниттік тұрақтандыру есебі қарастырылған. Геомагниттік өріс тік дипольмен модельденген. Серік қозғалысының магниттік тұрақтандыруының математикалық моделі құрылды. Маховиктер жүйесі арқылы пайда болатын нутациялық тербелістер демпферленді.

Айнымалы ретті көп қадамды Адамс-Башфорт-Мултон әдісі арқылы серіктің қозғалыс теңдеулері сандық интегралданды. Интегралдау нәтижелері арқылы орбита көлбеулігі әртүрлі жағдайлар үшін ($i = 0^0, 15^0, 30^0, 45^0, 60^0, 75^0$) серіктің кинематикалық параметрлерінің тәуелділік графиктері алынды. Магниттік өрістегі көлбеу орбита бойымен қозғалатын серікті магниттік тұрақтандырудың ерекшеліктері анықталды.

Түйін сөздер: магниттік тұрақтандыру, геомагниттік өріс, көлбеу орбита, маховиктер жүйесі.

Abstract

MATHEMATICAL MODELING OF THE PROBLEM OF MAGNETIC STABILIZATION OF A MAGNETIZED SATELLITE ON AN INCLINED ORBIT

Zhilisbayeva K.S. [1], Zhilisbayev A.A. [2], Ismailova A.Zh. [3]
[1]Dr. Sci. (Phys-Math), Professor of Department on Mechanics, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
[2] Student of Master's Programme, Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan
[3]PhD student of Department on Mechanics, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

In this paper the problem of magnetic stabilization of a magnetized satellite, which moves along an inclined orbit in a geomagnetic field simulated by a direct dipole.

A mathematical model of magnetic stabilization of satellite motion and damping of nutational oscillations using a flywheels system is constructed.

Based on the results of numerical integration of the equations of satellite motion by the multistep Adams-Bashfort-Multon method of variable order, graphs of dependence of the satellite kinematic parameters for different orbital

inclinations (i = 0^0, 15^0, 30^0, 45^0, 60^0, 75^0) are constructed. The features of magnetic stabilization of the satellite in a magnetic field on an inclined orbit are revealed.

Key words: magnetic stabilization, geomagnetic field, inclined orbit, flywheels system.

Введение

При запуске спутников, воздействии различных возмущений во время полета возможны появление конического прецессионного движения, различных колебаний, которые могут привести к нарушениям работ приборов, установленных на нем. Поэтому требуется стабилизация вращательного движения спутника.

В настоящее время разработаны разнообразные системы стабилизации, и наиболее распространенным является пассивная магнитная система стабилизации [1-9].

Пассивная магнитная система обеспечивает ориентацию вдоль вектора местной напряженности геомагнитного поля, при этом возникает проблема гашения остаточных нутационных колебаний спутника, для устранения которых должны быть предусмотрены демпфирующие устройства. Маховики, как исполнительные органы систем стабилизации угловой скорости спутника, одним из первых нашли практическое применение, например, на американских спутниках типа «Тирос», стабилизированных вращением, использовалась система поддержания постоянства скорости вращения при помощи маховика.

В данной работе рассматривается задача магнитной стабилизации намагниченного (с сильным магнитом на борту) симметричного спутника, центр масс которого движется по наклонной орбите в магнитном поле Земли, моделируемого прямым диполем. Предполагается, что вращательное движение намагниченного динамически симметричного спутника в геомагнитном поле по наклонной плоской круговой орбите обусловлено взаимодействием постоянного магнитного момента спутника и магнитного поля Земли.

Динамика спутника с сильным магнитом на борту

Для описания движения спутника введем следующие системы координат [3]: $O_u X_u Y_u Z_u$ – инерциальная ортогональная геоцентрическая система координат, ось Z_u совпадает с осью вращения Земли; $Oxyz$ – главные центральные оси инерции спутника; $OX_o Y_o Z_o$ – орбитальная система координат с началом в центре масс спутника, ось Y_o направлена по радиус-вектору центра масс, ось Z_o – направлена вдоль вектора напряженности геомагнитного поля.

При движении центра масс по орбите вектор геомагнитной напряженности является переменной величиной и перемещается сложным образом.

Проекции вектора напряженности $\vec{H}$ на оси геоцентрической системы координат $O_u X_u Y_u Z_u$ для дипольной модели имеют вид [4]:

$$\begin{cases} H_X = -\dfrac{3\mu_e}{R^3}\sin i\cos i\sin^2 u, \\ H_Y = \dfrac{\mu_e}{R^3}(1-3\sin^2 i\sin^2 u), \\ H_Z = -\dfrac{3\mu_e}{R^3}\sin i\sin u\cos u. \end{cases} \quad (1)$$

где μ_e – постоянная земного магнетизма, R – расстояние от центра Земли до точки наблюдения, u – аргумент широты, i – наклонение орбиты.

Магнитный момент взаимодействия постоянного магнитного момента спутника $\vec{I}$, направленного вдоль его оси симметрии, с геомагнитным полем, определяется по формуле [3]:

$$\vec{M}_m = \vec{I}\times\vec{H}. \quad (2)$$

Вращательное движение спутника в рассматриваемой постановке описываются динамическими уравнениями Эйлера [3]:

$$\begin{cases} A\dfrac{dp}{dt}+(C-B)qr=M_{mx}, \\ B\dfrac{dq}{dt}+(A-C)pr=M_{my}, \\ C\dfrac{dr}{dt}+(B-A)pq=M_{mz}. \end{cases} \tag{3}$$

Здесь A, B и C – главные моменты инерции спутника относительно осей x, y и z, соответственно (для динамически симметричного спутника A=B), γ_1, γ_2, γ_3 – направляющие косинусы углов вертикали и связанной системы координат, R – модуль радиус-вектора $\vec{R}$ центра масс спутника относительно Земли; p, q, r – проекции угловой скорости спутника на главные центральные оси x, y и z, . M_{mx}, M_{my}, M_{mz} – проекции вектора магнитного момента $\vec{M}_m$ на главные оси инерции.

Дополним систему уравнений (3) кинематическими уравнениями Эйлера и соотношениями для направляющих косинусов:

$$\begin{cases} \dot{\Psi}=\dfrac{q\cos\Phi-r\sin\Phi}{\cos\Theta}+tg\Theta\sin\Psi\cdot\dfrac{\omega_0}{\left(1-e^2\right)^{3/2}}(1+e\cos\nu)^2, \\ \dot{\Theta}=r\cos\Phi+q\sin\Phi+\cos\Psi\cdot\dfrac{\omega_0}{\left(1-e^2\right)^{3/2}}(1+e\cos\nu)^2, \\ \dot{\Phi}=p-(q\cos\Phi-r\sin\Phi)cg\Theta-\dfrac{\sin\Psi}{\cos\Theta}\cdot\dfrac{\omega_0}{\left(1-e^2\right)^{3/2}}(1+e\cos\nu)^2. \end{cases} \tag{4}$$

$$\frac{d\nu}{dt}=\frac{\omega_0}{(1-e^2)^{3/2}}(1+e\cos\nu)^2, \tag{5}$$

$$R=\frac{P}{1+e\cos\nu}, \tag{6}$$

$$\begin{cases} \dot{\alpha}_1=\alpha_2 r-\alpha_3 q-\omega_0\gamma_1, \dot{\alpha}_2=\alpha_3 p-\alpha_1 r-\omega_0\gamma_2, \dot{\alpha}_3=\alpha_1 q-\alpha_2 p-\omega_0\gamma_3, \\ \dot{\beta}_1=\beta_2 r-\beta_3 q, \dot{\beta}_2=\beta_3 p-\beta_1 r, \dot{\beta}_3=\beta_1 q-\beta_2 p, \\ \dot{\gamma}_1=\gamma_2 r-\gamma_3 q+\omega_0\alpha_1, \dot{\gamma}_2=\gamma_3 p-\gamma_1 r+\omega_0\alpha_2, \dot{\gamma}_3=\gamma_1 q-\gamma_2 p+\omega_0\alpha_3. \end{cases} \tag{7}$$

где e – эксцентриситет, P – фокальный параметр, ω_0 – угловая скорость обращения спутника по орбите, α_1, α_2, α_3 и β_1, β_2, β_3 – направляющие косинусы систем координат.

При выводе формул (3)-(7) предполагалось, что размеры спутника малы по сравнению с расстоянием до притягивающего центра [3].

Уравнения (3) и (4) с учетом формул (5-7) описывают вращательное движение намагниченного спутника с пассивной магнитной стабилизацией [10-12]. Полученная система уравнений не имеет аналитического решения. Решение этих уравнений проводится численным методом.

В работах [10-12] была рассмотрена задача о пассивной магнитной стабилизации намагниченного спутника. Из этих полученных результатов следует, стабилизация вращательного движения спутника на наклонных орбитах не обеспечивается пассивной магнитной системой. Отсюда можно сделать вывод, что в случае наклонных орбит надо выбрать активную магнитную систему или другую систему стабилизации. Однако на практике в основном для стабилизации малых спутников выбирают именно магнитную стабилизацию, следовательно, необходимо демпфирующее устройство. Далее в

качестве демпфирующего устройства выбрана система маховиков, которая может быть пассивной и активной в зависимости от расхода рабочего тела.

Магнитная стабилизация движения спутника по наклонной орбите и демпфирование нутационных колебаний спутника системой маховиков.

При решении задач ориентации возникает проблема гашения остаточных нутационных колебаний спутника, которые не удается демпфировать пассивным магнитным способом. Для демпфирования нутационных колебаний оси симметрии спутника используем систему маховиков, оси которых направлены вдоль главных осей инерции спутника.

Рассмотрим задачу пассивной магнитной стабилизации вращательного движения спутника по круговой наклонной орбите в геомагнитном поле и демпфирования колебаний системой маховиков, расположенных по главным осям инерции спутника.

Уравнения (3) в этом случае примут вид:

$$\begin{cases} A\dfrac{dp}{dt}+(C-B)qr+qi_z\omega_z-ri_y\omega_y=M_{mx}, \\ B\dfrac{dq}{dt}+(A-C)pr+ri_x\omega_x-pi_z\omega_z=M_{my}, \\ C\dfrac{dr}{dt}+(B-A)pq+pi_y\omega_y-qi_x\omega_x=M_{mz}. \end{cases} \quad (8)$$

Уравнения (8) и (4) с учетом формул (5-7) описывают вращательное движение намагниченного спутника с магнитной стабилизацией и с маховиками, расположенными вдоль его главных осей инерции. Здесь i_x, i_y, i_z – моменты инерции маховиков относительно главных осей инерции спутника, $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ – относительные угловые скорости маховиков, расположенных вдоль главных осей инерции спутника.

Решение этих уравнений проводится численно многошаговым методом Адамса-Башворта-Мултона переменного порядка. По результатам численного интегрирования построены графики зависимости кинематических параметров спутника. На рисунках 1-3 представлены графики зависимости от времени проекций угловой скорости спутника p, q и r на его главные центральные оси инерции при наличии демпфера в виде маховиков для различных наклонений орбиты (i = 0^0, 15^0, 30^0, 45^0, 60^0, 75^0).

Из графиков следует, что наличие маховиков существенно уменьшило амплитуду колебаний проекций угловой скорости спутника p и q на его главные центральные оси инерции, однако малые колебания сохраняются. Также видно, что ориентация оси вращения спутника сохраняется во все время движения. Орбита с наклонением 30^0 является «критической», через одинаковое время вдоль экваториальных осей инерции спутника происходит дестабилизация вращения. Стабилизация вращения вокруг оси симметрии быстрее всего наступает при наклонении 30^0.

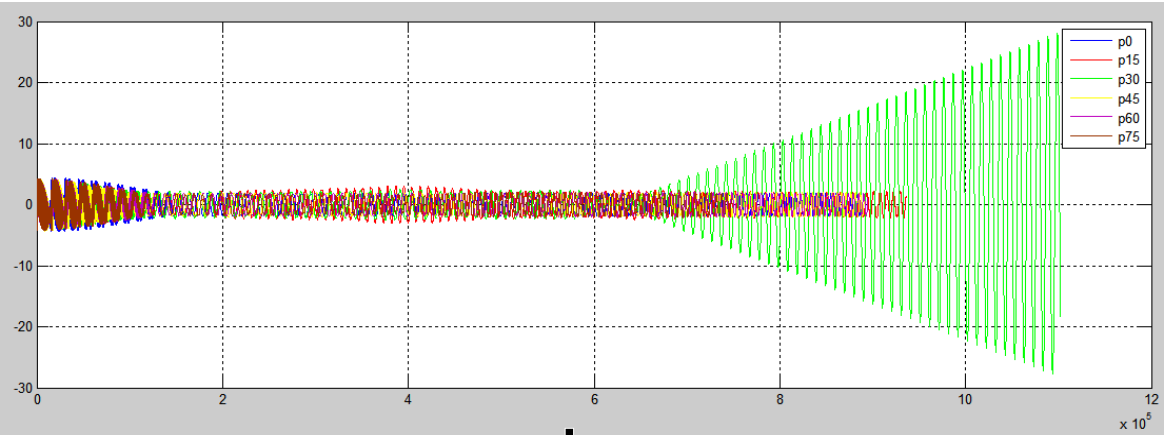


Рисунок 1. Зависимость проекции p угловой скорости на ось Ox от времени

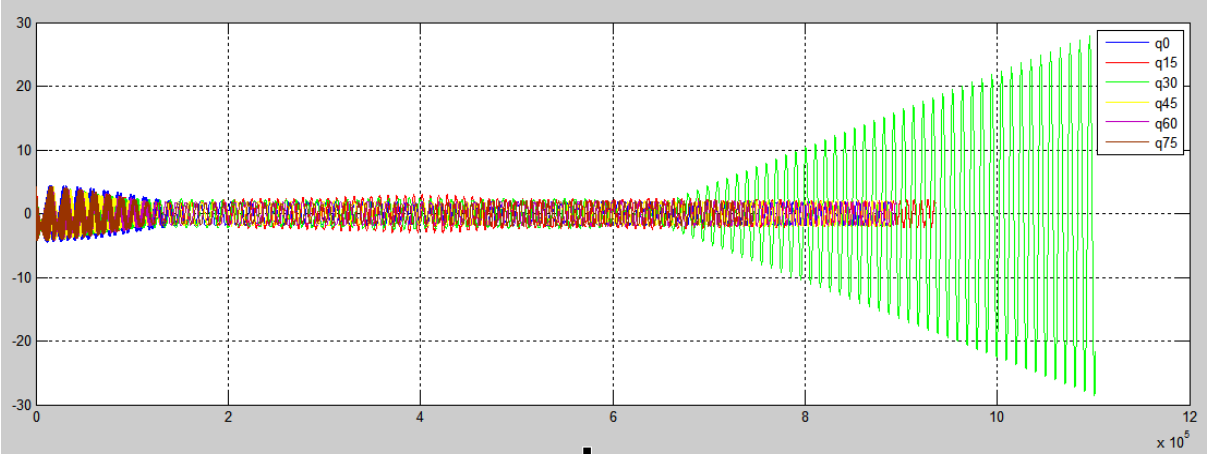


Рисунок 2. Зависимость проекции q угловой скорости на ось Oy от времени

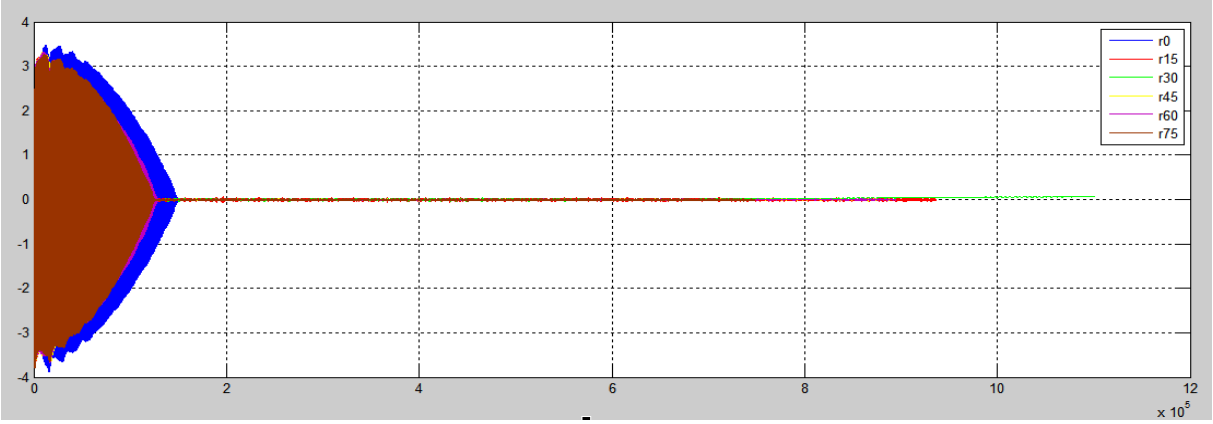


Рисунок 3. Зависимость проекции r угловой скорости на ось Oz от времени
Удовлетворительные показатели у орбит близких, к экваториальным и приполярным.

Заключение

Из полученных результатов следует, что стабилизация вращательного движения спутника на наклонных орбитах не обеспечивается пассивной магнитной системой, и поэтому необходимо демпфирующее устройство. В качестве демпфирующего устройства выбрана система маховиков, которая может быть пассивной и активной в зависимости от расхода рабочего тела. Наличие системы маховиков, расположенных вдоль главных осей инерции спутника существенно уменьшило амплитуду колебаний проекций угловой скорости спутника p и q на его главные центральные оси инерции, и ориентация оси вращения спутника сохраняется во все время движения. Установлено, что орбита с наклонением $i = 30^0$ является «критической» – вдоль экваториальных осей инерции спутника с одинаковым периодом происходит дестабилизация вращения, а вокруг оси симметрии стабилизация быстрее всего наступает при наклонении 30^0.

Список использованной литературы

1 Овчинников М.Ю. Системы ориентации спутников: от Лагранжа до Королева // Соросовский образовательный журнал. – 1999. – Вып. 12. – С. 91-96.

2 Овчинников М.Ю., Пеньков В.И. Пассивная магнитная система ориентации наноспутника // Космические исследования. – 2002. – Т. 40, № 2. – С. 156-170.

3 Белецкий В.В. Движение искусственного спутника относительно центра масс. – М.: Наука, 1965. – 416 с.

4 Белецкий В.В., Хентов А.А. Вращательное движение намагниченного спутника. – М.: Наука, 1985. – 288 с.

5 А.П.Коваленко. Магнитные системы управления космическими летательными аппаратами. – М.: Машиностроение, 1975. – 248 с.

6 Мартыненко Ю.Г., Влахова А.В., Карлос Т. Оценка точности системы пассивной магнитной стабилизации искусственного спутника Земли // Труды 3-его Совещания «Управление движением малогабаритных спутников». – М., 2007. – С. 3-7.

7 Battagliere M.L., Santoni F., Piergentili F., Ovchinnikov M., Graziani F. Passive magnetic attitude stabilization system of the EduSAT microsatellite // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering. – 2010. – Vol. 1224, № 10. – P. 1097-1106.

8 Enrico Silani, Marco Lovera. Magnetic spacecraft attitude control: a survey and some new results // Control Engineering Practice. – 2005. – Vol. 13, Issue 3. – P. 357-371.

9 Zhilisbayeva K.S., Alexeeva L.A., Tulekenova D.T. Mathematical modeling of the rotational motion of the satellite in the gravitational Earth field including aerodynamic force. // Materials of the International Scientific Conference "Modern problems of applied mathematics and information technologies – Al-Khorezmiy 2012". Tashkent. Uzbekistan. – 2012. – P. 186-189.

10 Zhilisbayeva K.S., A. Ismailova. Passive Magnetic Stabilization of the Rotational Motion of the Satellite in its Inclined Orbit // Applied Mathematical Sciences, Vol. 9, 2015, no. 16, – P. 791- 802. HIKARI Ltd.

11 Zhilisbayeva K.S., A. Ismailova. Magnetic stabilization of the rotational motion of the nanosatellite in inclined orbit. // International Journal of Mathematics and Physics, Алматы. – 2015. – Vol. 6, № 1. – С.22-29.

12 Исмаилова А.Ж. Серіктің айналмалы қозғалысын магниттік тұрақтануына орбита көлбеулігінің әсері // Вестник Национального технического университета имени К.И. Сатпаева, Алматы – 2015. – №3(109). – С.485-491.

УДК 535.3
ГРНТИ 29.31.27

К.А. Искакова[1], Е.Ы. Бидайбеков[2]

[1] к.ф.-м.н., доцент, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан
[2] д.п.н., профессор, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан

МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ОКСИДА МЕДИ(II)

Аннотация

Целью проведенной работы является определение механизма образования оксида меди(II) в нейтральной среде в условиях поляризации медного электрода переменным током для получения порошка оксида меди нужной дисперсности. Анодное поведение меди исследовали в растворах сульфата калия. В результате исследований установлен механизм электроокисления-восстановления меди и показано, что эффективное воздействие на процесс ионизации меди оказывают скорость развёртки потенциала и температура электролита. При низких температурах медь растворяется с образованием гидроксида меди, а при более высоких температурах с образованием оксидов металла. Рассчитаны значения энергии активации, которые свидетельствует о протекании процесса при низкой температуре в кинетическом, при более высокой — в диффузионном режимах. Результаты потенциодинамических исследований были использованы для получения оксида меди(II) переменно-токовым электролизом. Электролиз проводили с применением проволочных титановых и пластинчатых медных электродов. По результатам исследований получена математическая модель выхода по току оксида меди(II).

Ключевые слова: медь(II), оксид, ионизация, гидроксид, электролиз, энергия, активация

Аңдатпа

К.А. Искакова[1], Е.Ы. Бидайбеков[2]

МЫС ОКСИДІНІҢ(II) ҚҰРЫЛУ МЕХАНИЗМІ

[1] ф.-м.ғ.к., доцент, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2] п.ғ.д., профессор, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

Жұмыстың мақсаты — мыс (II) тотығының бейтарап ортаға қалыптастыру механизмін анықтау, ол қажетті дисперстің мыс оксидінің ұнтағын алуға арналған айнымалы токпен мыс электродтың поляризация жағдайында. Мыстың анодтық мінез-құлы калий сульфатының ерітінділерінде зерттелген. Зерттеу нәтижесінде мысның электро-тотықтырылу-төмендеу механизмі белгіленді және мысның иондалуы үшін тиімді потенциал-электролиттің әлеуетті сығылу жылдамдығы және температурасы. Төмен температураларда мыс мыс гидроксидін құруға және жоғары температурада металл оксидтерінің қалыптасуына ерітеді. Диффузиялық режимдегі жоғары температураларда кинетикалық режимде төмен температурада процестің барысын көрсететін белсендіру энергиясы мәндері есептеледі. Потенциодинамикалық зерттеулердің нәтижелері мыс (II)

оксидін айнымалы ток электролизімен алу үшін пайдаланылды. Электролиз сымның титан және ламельді мыс электродтары арқылы жүзеге асырылды. Зерттеу нәтижелері бойынша мыс (II) оксидінің ағымдық шығуының математикалық моделі алынған.

Түйін сөздер: мыс(II), оксид, ионизация, гидроксид, электролиз, энергия, белсендіру

Abstract

MECHANISM OF FORMATION OF COPPER OXIDE (II)

Iskakova K.A.[1], Bidaybekov E.Y.[2]

[1] Cand. Sci. (Phys-Math), Associate Professor, Abai University, Almaty, Kazakhstan

[2] Dr. Sci. (Pedagogical), Professor, Abai University, Almaty, Kazakhstan

The purpose of this work is to determine the mechanism of the formation of copper (II) oxide in a neutral medium under the conditions of polarization of a copper electrode with an alternating current to obtain the copper oxide powder of the desired dispersity. The anodic behavior of copper was investigated in solutions of potassium sulfate. As a result of the research, the mechanism of electro-oxidation-reduction of copper has been established and it has been shown that the potential sweep and the temperature of the electrolyte have an effective effect on the ionization of copper. At low temperatures, copper dissolves to form copper hydroxide, and at higher temperatures with formation of metal oxides. The values of activation energy that are indicative of the process at a low temperature in the kinetic regime are calculated, and at higher temperatures in the diffusion regime. The results of potentiodynamic studies were used to obtain copper (II) oxide by alternating current electrolysis. Electrolysis was carried out using wire titanium and lamellar copper electrodes. Based on the results of the studies, a mathematical model of the current yield of copper (II) oxide was obtained.

Key words: copper(II), oxide, ionization, hydroxide, electrolysis, activation

Существует большое количество методов получения оксидов металлов, базирующихся на газофазном, плазмохимическом, термическом и других процессах [8-11]. Развиваются детонационный синтез и электровзрыв. Наиболее хорошо изученными являются методы, основанные на осаждении из растворов солей и последующего гидролиза, позволяющие получать гидратированные оксиды металлов в виде гелей, обладающие высокой дисперсностью и развитой пористой структурой. В последнее время получили развитие новые перспективные направления синтеза порошков оксидов металлов, одним из которых является электрохимический способ. Основное преимущество данного способа — возможность получения очень чистых оксидов, а регулирование электрических параметров процесса электролиза позволяет формировать порошки с заданной дисперсностью, что ещё более повышает его практическую ценность.

В представленной работе изучены условия образования оксида меди(II) при электролизе переменным током промышленной частоты [12, 13]. Электролиз проводился в нейтральной среде в растворе сульфата натрия с применением проволочных титановых и пластинчатых медных электродов. Титановый электрод использован, исходя из способности титана образовывать вентильные оксидные пленки.

На рис. 1-3 показаны две пробы измерений в этих исследованиях.

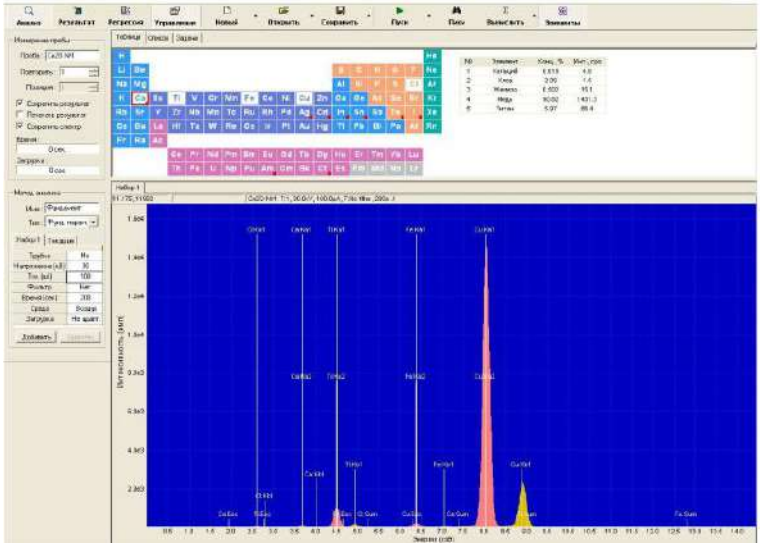


Рисунок 1. Проба №1

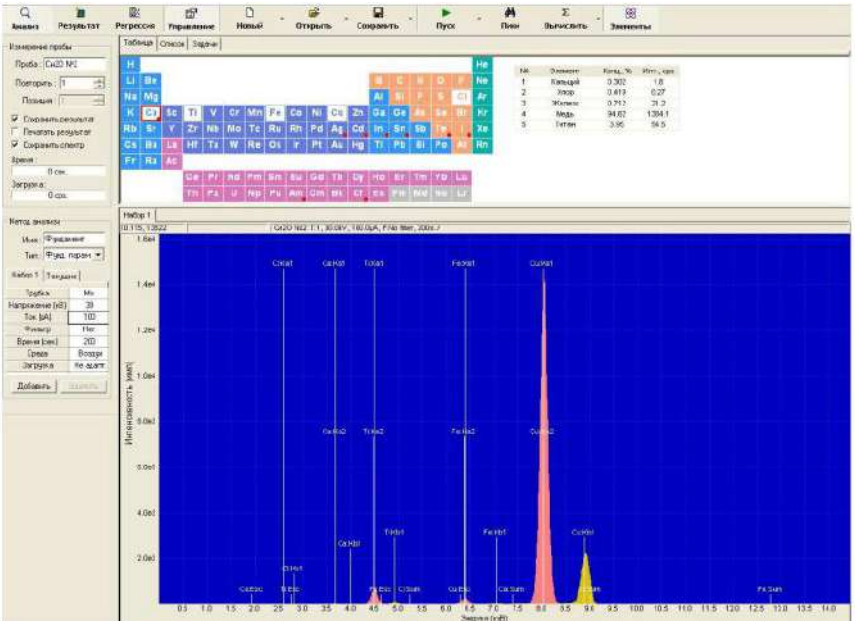


Рисунок 2. Проба №2

Оксид меди(I) может быть получен пропусканием постоянного тока между вертикально расположенными медными электродами в растворе сульфата натрия при плотности тока 200-350 А/м^2. Основным недостатком электрохимических методов является относительно низкая плотность тока на растворимом медном аноде, которая ограничивается из-за образования на поверхности электрода пассивирующих плёнок, приводящих к прекращению процесса электролиза [14]. После окончания опыта полученный порошок оксида одновалентной меди фильтровали, тщательно отмывали от электролита дистиллированной водой [15, 16].

Эксперимент выполнен с помощью с использованием сульфата калия в качестве электролита, а по всем пробам сделан рентгенофазовый анализ. Образование оксида меди(II) при пропускании синусоидального переменного тока через медный и титановый электроды можно объяснить следующим образом [8]. В анодном полупериоде на титановом электроде образуется оксидная плёнка, препятствующая протеканию электрохимического процесса. В катодном полупериоде на титановом электроде выделяется газообразный водород, а также частично восстанавливается оксидная плёнка титана, при этом медный электрод будет находиться в анодном полупериоде, т.е. происходит его растворение [9]. В объёме раствора гидроксид-ион взаимодействует с ионами меди(II) с образованием гидроксида меди, который в зависимости от условий дегидратируется с образованием оксида меди(II).

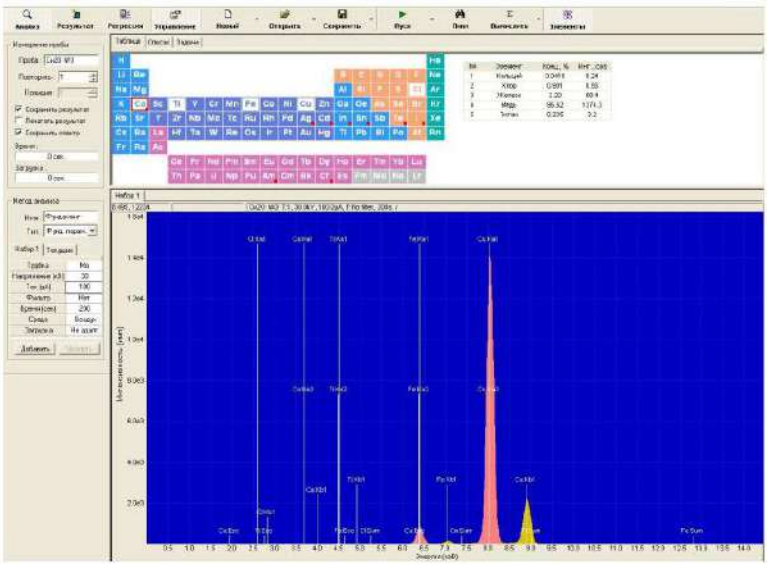
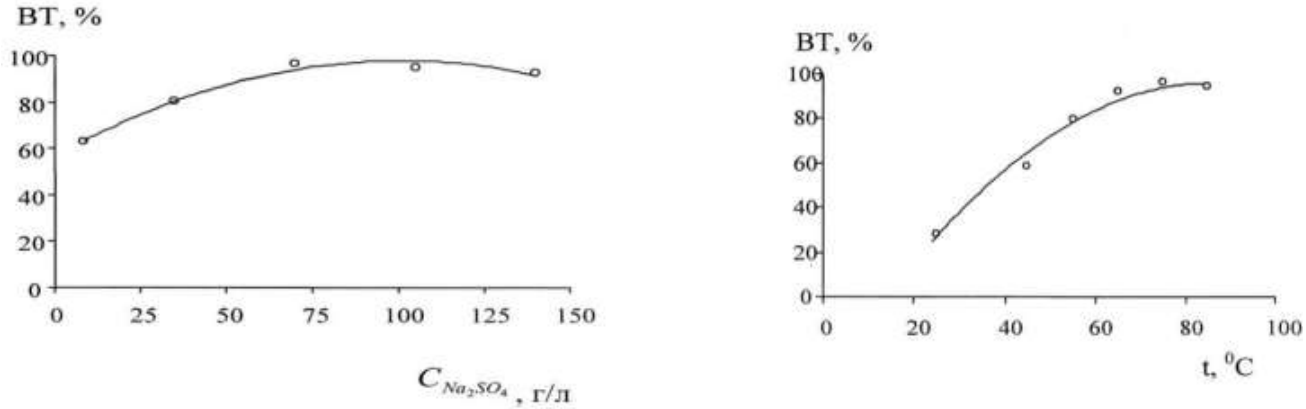


Рисунок 3. Проба №3

Существенное влияние на выход по току оказывает концентрация раствора — электролита сульфата калия (рис. 4, а). С увеличением концентрации электролита до 70 г/л выход по току оксида меди(II) растёт, дальнейшее повышение концентрации не влияет на выход по току.

Температура раствора электролита значительно влияет на выход по току оксида меди(II) (рис. 4, б). В условиях электролиза при температурах 25-600°С формируется осадок голубого цвета, то есть основной сульфат меди $CuSO_4 \cdot 3Cu(OH)_2$, который при 800°С переходит в оксид меди(II) и окрашивается в тёмно-коричневый цвет [7]. Эти данные подтверждаются результатами химического и рентгенофазового анализов [4].



а) *б*)

Рисунок 4. Зависимости выхода по току оксида меди(II) от заданных факторов.
Точки — экспериментальные данные, линии — по уравнениям а — влияние концентрации сульфата натрия; б — влияние температуры.

В нижеприведенной таблице приведены результаты измерений в трёх пробых.

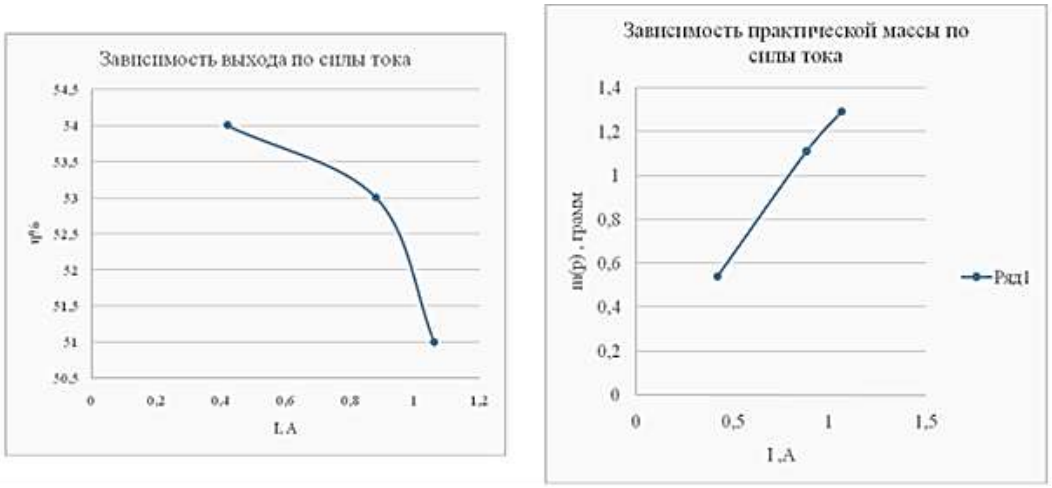
Анодное поведение меди исследовали в растворах сульфата калия. В результате исследований установлен механизм электроокисления-восстановления меди и показано, что эффективное воздействие на процесс ионизации меди оказывают скорость развёртки потенциала и температура электролита. При низких температурах медь растворяется с образованием гидроксида меди, а при более высоких температурах с образованием оксидов металла [6].

Таблица1. Число проб и значения

	№1	**№2**	**№3**
***m*(*t*)**	2,52	2,09	1,00
***m*(*p*)**	1,29	1,11	0,54
V	700,00	700	700
I	1,06	0,88	0,42
t	3600,00	3600	3600
q	0,00065968	0,00065968	0,00065968
M	63,54		
N_A	$6{,}02 \cdot 10^{23}$		
z	1,00		
e	0,00		
η%	51%	53%	54%

Снижение выхода по току можно объяснить низкой скоростью процесса дегидратации соединений основных сульфатов меди [5], то есть перехода их в оксид меди(II) [1, 2]. Увеличение продолжительности выше 60 минут не приводит к изменению выхода по току.

При низких температурах медь растворяется с образованием гидроксида [2, 3]. Полученные экспериментальные данные приведены на рис. 5.



а) *б*)

Рисунок 5. Зависимость от силы тока
а — выхода; б — практической массы

При низких температурах медь растворяется с образованием гидроксида [2, 3]. Полученные экспериментальные данные приведены на рис. 5.

Установлена возможность получения оксида меди(II) электролизом с использованием переменного тока промышленной частоты. В результате исследований получена математическая модель выхода по току оксида меди(II), которая приведена ниже.

По закону Фарадея:

$\Delta m_{\text{теор}} = I\tau q$,

где τ — время, секунд; I — сила тока, А; q — электрохимический эквивалент металла, г-экв/А,

$$q = \frac{A}{nF},$$

где A — молярная масса атома, г/моль; n — число электронов в окислитель-ных и восстановительных процессах; F=26,8 А·час — число Фарадея).

Список использованной литературы

1 Bohnen K.P., Heid R., Pintschovius L., Soon A/, Stampf C. Ab initio lattice dynamics and thermal expansion of Cu_2O. Physical Review B, 80, 134304. doi:10.1103/PhysRevB.80.134304, 2009.

2 Boucher R. The electrical property dependence of disordered copper oxide on oxygen content. Journal of Physics and Chemistry Solids, 66, 2005a, pp 1234-1239.

3 Boucher R. The structural and optical property dependence of disordered copper oxide on oxygen content. Journal of Physics and Chemistry Solids, 66, 2005b, pp 906-910.

4 Brown K.E.R., Choi K.S. Electrochemical synthesis and characterization of transparent nanocrystalline Cu_2O films and their conversion to CuO films. Chemical Communications, 31, 2006, pp 3311-3313.

5 Buljan A., Llunell M., Ruiz E., Alemany P. Color and conductivity in Cu_2O and $CuAlO_2$: a theoretical analysis of d10...d10 interactions in solid-state compounds. Chemistry of Materials, 13, 2001, pp 338-344.

6 Chase M.W. NIST-JANAF thermochemical tables. Part II, Cr-Zr. 4th ed. New York: American Institute of Physics, 1998.

7 Ching W.Y., Xu Y.N., Wong K.W. Ground-state and optical properties of Cu_2O and CuO crystals. Physical Review B, 40, 1989, pp 7684-7595.

8 Dunwald H., Wagner C. Influence of constitution of cuprous oxide on electrical properties. Zeitschrift fьr Physikalische Chemie, 22, 1933, pp 212-215.

9 Durr H., Wendelken J.F., Zuo J.K. Island morphology and adatom energy barriers during homoepitaxy on Cu(001). Surface Science, 328, 1995, pp L527–L532.

10 Elliott R.J. Intensity of optical absorption by excitons. Physical Review, 108, 1957, pp 1384-1389.

11 Elliott R.J. Symmetry of excitons in Cu_2O. Physical Review, 124, 1961, pp 340-345.

12 Filippetti A., Fiorentini V. Coexistence of ionic and metallic bonding in noble-metal oxides. Physical Review B, 72, 2005a, 035128. doi:10.1103/PhysRevB.72.035128.

13Filippetti A., Fiorentini V. Magnetic ordering in CuO from first principles: A cuprate anti ferromagnet with fully three-dimensional exchange interactions. Physical Review Letters, 95, 2005b, 086405. doi:10.1103/PhysRevLett.95.086405.

14 Ertt G. Untersuchung von oberflɔchenreaktionen mittels beugung langsamer elektronen (LEED): I. Wechselwirkung von O 2 und N_2O mit (110)-, (111)- und (100)-Kupfer-Oberflɔchen. Surface Science, 6, 1967, pp 208-232.

15 Feng Y., Teo W.K., Siow K.S., Tan K.L., Hsieh A.K. The corrosion behaviour of copper in neutral tap water. Part I: Corrosion mechanisms. Corrosion Science 38, 1996a., pp 369-385.

16 Feng Y., Teo W.K., Siow K.S., Hsieh A.K. The corrosion behaviour of copper in neutral tap water. Part II: Determination of corrosion rates. Corrosion Science 38, 1996b, pp 387-395.

УДК 535.3
ГРНТИ 29.31.27

К.А. Искакова[1]

[1] *к.ф.-м.н., доцент, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан*

ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКИХ ПЛЁНОК ОКСИДА МЕДИ

Аннотация

Употребление оксида меди как фотоэлемента связано с его химическими свойствами. Оксид меди — полупроводник и давно употребляется. Тем не менее, его широкое употребление в промышленности пока никак не просматривается. Это можно объяснить прежде всего в связи с трудностью получения оксида меди в чистом виде. Описаний получения оксида меди в чистом виде ещё не существует. Именно поэтому получение окиси меди и его употребление как фотоэлемента ещё не полностью исследовано. К этим исследованиям принадлежит эта работа. В ней описывается способ получения оксида меди в чистом виде, в принципе пригодный для широкого употребления в промышленности, что позволило бы увеличить производство фотоэлементов на основе оксида меди до необходимых объёмов.

Ключевые слова: медь, оксид, полупроводник, фотоэлемент, тонкоплёночный, технология, электролиз

Аңдатпа

К.А. Искакова[1]

МЫС ОКСИДІНІҢ ЖҰҚА ҚАБЫҚШАСЫН АЛУ ТӘСІЛІ

[1] *ф.-м.ғ.к., доцент, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан*

Фотокел ретінде мыс оксидін қолдану оның химиялық қасиеттерімен байланысты. Егін-мыс — жартылай өткізгіш және ұзақ уақыт пайдаланылған. Дегенмен, оның өнеркәсіпте кеңінен қолданылуы әлі де көрінбейді. Мұны ең алдымен мыс оксидін таза түрде алу қиындықтарына байланысты түсіндіруге болады. Мыс қышқылын оның таза түрінде алу сипаттамасы әлі жоқ. Сондықтан мыс оксиді және оны фотоэлемент ретінде пайдалану әлі толық зерттелмеген. Бұл зерттеу осы жұмысқа жатады. Ол қажетті көлеміне мыс оксиді негізінде күн батареяларын өндіруді арттыру еді өнеркәсібінде кең-ші пайдалану үшін жарамды негізінен оның таза түрінде, мыс оксиді алу тәсілі сипаттайды.

Түйінді сөздер: мыс, оксид, жартылай өткізгіш, фотосел, жұқа плёнка, технология, электролиз

Abstract

PREPARATION OF A THIN FILM OF COPPER OXIDE

Iskakova K.A.[1]

[1] *Cand. Sci. (Phys-Math), Associate Professor, Abai University, Almaty, Kazakhstan*

The use of copper oxide as a photocell is related to its chemical properties. Oak-copper is a semiconductor and has long been used. Nevertheless, its widespread use in industry is still not visible. This can be explained primarily in connection with the difficulty of obtaining copper oxide in pure form. The descriptions of obtaining copper oxide in its pure form do not yet exist. That is why the production of copper oxide and its use as a photocell have not yet been fully investigated. This research belongs to this work. It describes the method of obtaining copper oxide in pure form, in principle suitable for widespread use in industry, which would increase the production of photocells based on copper oxide to the required volumes.

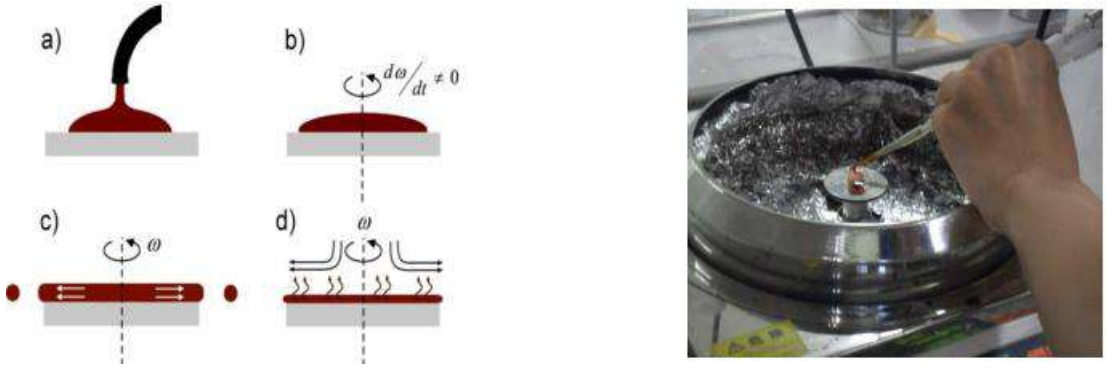
Key words: copper, oxide, semiconductor, photocell, thin film, technology, electrolysis

Рассмотрим синтез неорганических веществ химическим методом. Начнём с синтез сульфида меди и кадмия. Синтез сульфида меди и кадмия проводилось пропусканием газа H_2S на растворы солей меди и сульфида. Этот метод является более дешёвым на данной стадии. Метод отличается производительностью и чистотой выхода. Полученные вещества дальше использовались как элементы «слияния» вещества с органическим полимером.

В представленной здесь работе в качестве подложек использовались кремниевые подложки и стекло с нанесенным на нём слоем оксида индия-олова (ОІО). Стекло нарезается на прямоугольные куски с характерным размером 2 см, после чего проводится травление с целью последующего получения заданной геометрии устройства. Процедура травления включает в себя покрытие оставляемого участка оксида индия-олова защитной парафиновой лентой и собственно сам химический процесс травления, заключавшийся в приведении подложки в контакт с бурно реагирующей смесью цинкового порошка и разбавленной пополам соляной кислоты. Выделяемый в процессе реакции атомарный водород вступет в реакцию с оксидами индия и олова, что приводит к удалению незащищённых участков оксида индия-олова с подложки. Важнейшим этапом приготовления подложек является очистка.

Очистка состоит в последовательной промывке подложек в ультразвуковой ванне по нескольку минут в моющей смеси и очищенной воде (в воде несколько раз). В качестве смеси применяется ацетон и изопропанол. В качестве очищенной воды последовательно используется вначале дистиллированная, а затем дистиллированная, но ещё и пропущенная через два деионизирующих фильтра Elgacan. Каждый процесс очистки длится около 10 минут, а после промывки подложки высушиваются.

Тонкие слои разных материалов (50-100 нм) нанесены с помощью аппарата Spin coating (спиновое покрытие) MikasaSpinCoater 1H-D7 (рис. 1, *б*). Метод, заключается в накапывании раствора вещества на вращающуюся подложку (либо на неподвижную подложку с последующим её раскручиванием) [43, 44]. Изменяя концентрацию раствора, растворитель, скорость вращения и способ накапывания, можно добиться получения равномерной плёнки заданной толщины, покрывающей всю подложку (рис. 1, *а*). При последовательном нанесении нескольких слоёв нужно иметь в виду, что в случае, если предыдущий слой растворяется в растворителе наносимого, может произойти смывание первого. Большое значение также имеет смачиваемость поверхности, на которую наносится плёнка, растворителем, из которого это делается. Чем выше смачиваемость, тем легче получить плёнку, покрывающую всю подложку.



а) *б*)

Рисунок 1. Метод нанесения и прибор для нанесения плёнок на подложку:
а — метод; б — прибор

Скорость вращения и время вращения подбирается в зависимости от свойств и характеристики нанесенного материала (w=1000-5000 об/мин; t=1-3 мин) и также от желаемого исследователем толщины слоя плёнок (30-100 нм). То есть, чем больше скорость вращения и время вращения, тем тоньше получается плёнка. После получения тонкого слоя плёнки подложку вынимают из аппарата, и производится процесс термического отжига (100-200°С, в зависимости от свойств материала) на 15-60 мин., для удаления остатков растворителя [27].

Следует отдельно упомянуть о приготовлении растворов полимеров. Растворы полимеров приготавливались путём воздейстея звуком в ультразвуковой ванне смесей полимеров и растворителей в течение от 10-20 минут до нескольких часов (в зависимости от полимера). В растворы полимеров в этаноле также добавляется эпоксисилан для улучшения плёнкообразующих свойств.

После очистки и получения неорганических соединений следующей стадией является напыление на пластины. В напылении используется два метода: вакуумное напыление через разложение с помощью газа аргона и метод вакуумного напыления с помощью термического разложения. Это ряд

экспериментов применим для получения тонких и равномерных поверхностей [26]. Для этого устанавливается разность между температурой и давлением [42].

Катодные электроды наносятся путём термического напыления металла в вакууме. Как правило, в качестве материала электродов выбирался алюминий. Напыление осуществляется в вакуумной установке. Процесс длится 2 часа, P=2·10^{-5} Па, T=800-1000 °С. При напылении используется маска с целью достижения заданной геометрии устройства. Толщина напылённого слоя составляет, как правило, не меньше 100 нм. К электродам с помощью серебряной пасты присоединяются контакты из тонкой металлической проволоки.

Алюминиевый слой служит своеобразным энергетическим зеркалом для носителей заряда. Электроны и дырки в полупроводниках имеют свойство рекомбинировать, т.е. переходить из свободного состояния в связанное. Рекомбинация имеет место, например, если в одной точке встречаются два заряда с разными знаками. Одним из крайних случаев является поверхностная рекомбинация [14, 15], т.к. любая поверхность представляет собой множество оборванных связей кристаллической решётки — «ловушек» для свободных носителей заряда [1, 2]. Именно для того, чтобы снизить влияние этого типа рекомбинации в солнечных элементах при помощи алюминиевой металлизации формируется так называемое BSF (back side field) — тыльное поле, «отзеркаливающее» носители заряда, которые ещё не успели дать вклад в генерацию тока [25].

Тонкоплёночная технология имеет большие потенциальные возможности для снижения стоимости солнечных модулей [40]. Тонкоплёночная технология имеет ряд специфических применений, невозможных или затруднённых при использовании кристаллических полупроводников (гибкие модули, полупрозрачные модули и т.д.) [18-19]. Одним из достоинств тонкоплёночной технологии является получение слоёв при низкой температуре [31, 33]. Это даёт возможность создавать полупроводниковые структуры на гибких подложках [32, 34]. Солнечные элементы на гибкой основе имеют малый вес, монтируются на любой поверхности и могут использоваться для изготовления сумок, чехлов, встраиваться в одежду и т.д. Наконец, существенным достоинством тонкоплёночной технологии является возможность создания приборных структур на очень больших площадях [35].

Используются аппарат ультрафиолетового излучения, аппарат ултразвукового излучения, плитка, атомно-силовой микроскоп (AFM, SeikoInstruments SPA-300/SPI-3800), спектроскопический эллипсометр (SE), стилусный профилометр (SP, AlphastepIQ). Также для снятия вольтамперных кривых (J-V) в темноте и при освещении (параметры: AM 1,5 G, 100 мА/см^2) используется стимулятор солнечного света (BunkoukeikiCEP-25BX).

Во время проведения экспериментов используются кремниевые пластинки, ITO-пластинки, изопропанол, метанол, фтористоводородная кислота, дистиллированная вода, антрацен, стирол, поли (пироллсульфонат), Cu 2 O (оксид меди II), алюминиевые проволочки, медные проволочки, серебряная паста [45, 46].

Также используются следующие физико-химические методы исследований, на которых выполнялись измерения: ЯМР-спектроскопия (приготовления образцов, растворители, стандарты, характеристики приборов), ЭПР-, ИК- и электронная спектроскопия, циклическая вольтамперометрия, рентгенофазовый анализ, микроэлементная микроскопия [16, 20, 21, 30].

Из солнечной энергии методом термодинамического преобразования [39] можно получить электричество практически так же, как и из других источников энергии [37, 38], однако, солнечное излучение, падающее на землю, обладает рядом характерных особенностей [8, 17]:

1) низкой плотностью потока энергии;

2) суточной и сезонной цикличностью;

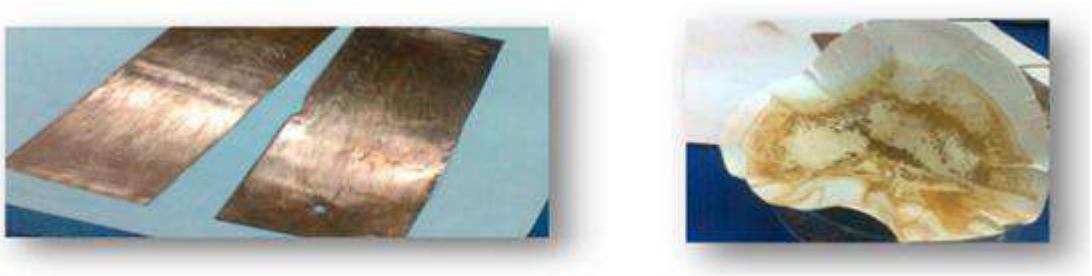
3) зависимостью от погодных условий.

Поэтому при термодинамическом преобразовании этой энергии в электрическую следует стремиться к тому, чтобы применение тепловых режимов не вносили серьёзных ограничений в работу системы [47-50] и не возникало трудностей, связанных с её использованием [22, 23], т.е. подобная система должна иметь аккумулирующие устройства для исключения случайных колебаний режимов эксплуатации или обеспечение необходимого изменения производства энергии во времени [4, 9, 28, 51].

По перечисленным задачам проведен ряд экспериментов. Первая работа — на тему синтеза оксида меди(I), где используется метод электролиза металлов [11-13, 24]. Для электролиза применяются растворы NaCl разной концентрации, который является дешёвым и доступным [29, 41]. В качестве

анода и катода служат пластинки меди (рис. 2, *а*). Получение образцов оксида меди через электролиз (рис. 2, *б*) имеет большую производительность и даёт чистый для анализа выходной материал [36].

Образец 1



а) *б*)

Рисунок 2. Анод и катод электролиза и полученный порошок оксида меди
а — пластинки анода и катода метод; б — порошок оксида меди

Этот метод является новым и перспективным в получении оксида меди(I). Cu_2O можно получить как в кристаллической форме, так и в аморфной, в виде порошка. По данному методу получено несколько образцов оксида [5]. Результаты чистоты проверяются на рентгенофазовом анализаторе [10].

Следующая стадия — синтез феррата и купрата [7]. Используется электролизёр как на первой работе [6]. Вместо меди использовали железо и медь. Результат получения купрата или феррата через электролиз следующий: производительность средняя; выходной материал чистый для анализа [3].

Микроэлементный анализ полученных порошков оксида меди показан на рис. 3. В нижеприведенной таблице перечислены данные по составу полученных порошков при синтезе оксида меди.

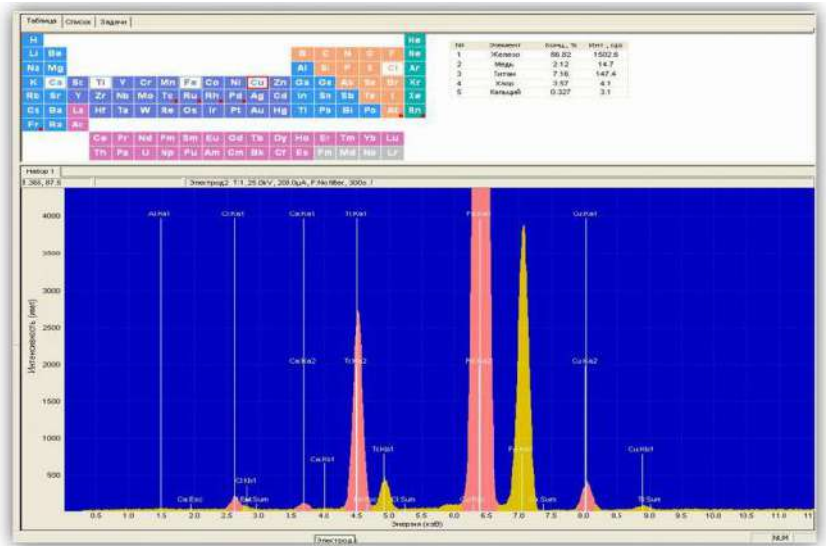


Рисунок 3. Микроэлементный анализ порошков оксида меди

Таблица 1. Состав полученных порошков

Вид электролиза	**Состав порошка**				
	Медь	Железо	Титан	Кислород	Примеси
Получение оксида меди	62%	0,5%	0,2%	32%	5,3%

Список использованной литературы

1 Ammon C, Bayer A, Steinrak H-P, Held G, 2003. Low-temperature partial dissociation of water on Cu(110). Chemical Physics Letters, 377, pp 163-169.

2 Andersson K, Gymez A, Glover C, Nordlund D, Schiros T, Takahashi O, Ogasawara H, Pettersson L G M, Nilsson A, 2005. Molecularly intact and dissociative adsorption of water on clean Cu(110): A comparison with the water/Ru(001) system. Surface Science, 585, pp L183-L189.

3 Andersson K, Gymez A, Glover C, Nordlund D, Schiros T, Takahashi O, Ogasawara H, Pettersson L G M, Nilsson A, 2005. Molecularly intact and dissociative adsorption of water on clean Cu(110): A comparison with the water/Ru(001) system. Surface Science, 585, pp L183-L189.

4 Andersson K, Ketteler G, Bluhm H, Yamamoto S, Ogasawara H, Pettersson L G M, Salmeron M, Nilsson A, 2007. Bridging the pressure gap in water and hydroxyl chemistry on metal surfaces: the Cu(110) case. Journal of Physical Chemistry C, 111, pp 14493-14499.

5 Korzhavyi P.A., Johansson B., Literature review on the properties of cuprous oxide Cu_2O and the process of copper oxidation. Department of Materials Science and Engineering Royal Institute of Technology. Technical Report TR-11-08, October 2011.

6 K.Vijay Anand, S. Shalini and D. Balamurugan, Electronic and optical studies of Cu_2O with oxygen defects: A DFT approach. Der Pharma Chemica, 2015, 7(3):198-202.

7 Baroni S., de Gironcoli S., Corso A.D., Gianozzi P., 2001. Phonons and related crystal properties from density-functional perturbation theory. Reviews of Modern Physics, 73, pp 515-562.

8 Baumeister P.W., 1961. Optical absorption of cuprous oxide. Physical Review, 121, pp 359-362.

9 Beg M.M., Shapiro S.M., 1976. Study of phonon dispersion relations in cuprous oxide by inelastic neutron scattering. Physical Review B, 13, pp 1728-1734.

10. Berge K., Goldmann A. Electronic interchain interactions of the Cu(110)($_2H^1$)O surface — an angle-resolved photoemission study. Surface Science, 540, 2003, pp 97-106.

11 Besenbacher F., Nürskov J.K., 1993. Oxygen chemisorption on metal surfaces: General trends for Cu, Ni and Ag. Progress in Surface Science, 44, pp 5-66.

12 Bessekhouad Y., Robert D., Weber J.V., 2005. Photocatalytic activity of Cu_2O/TiO_2, Bi_2O_3/TiO_2 and $ZnMn_2O_4/TiO_2$ heterojunctions. Catalysis Today, 101, pp 315-321.

13 Blanchard N.P., Martin D.S., Weightman P., 2005. Molecular adsorbate induced restructuring of a stepped Cu(110) surface. Physical Status Solid C, 12, pp 4017-4021.

14. Bobrov K., Guillemot L. Interplay between adsorbate-induced reconstruction and local strain: Formation of phases on the Cu(110)-($_2H^1$):O surface. Physical Review B, 78, 121408(R). doi:10.1103/PhysRevB.78.121408, 2008.

15. Bohnen K.P., Heid R., Pintschovius L., Soon A/, Stampf C. Ab initio lattice dynamics and thermal expansion of Cu_2O. Physical Review B, 80, 134304. doi:10.1103/ PhysRevB.80.134304, 2009.

16 Brandstetter T., Draxler M., Hohage M., Zeppenfeld P. Oxygeninduced restructuring of Cu(19 19 1) studied by scanning tunneling microscopy. Physical Review B, 78, 2008, 075402. doi:10.1103/PhysRevB.78.075402

17 Brattain W.H., The copper oxide rectifier. Reviews of Modern Physics, 23 1951, pp 203-212.

18 Coulman D.J., Wintterlin J., Behm R.J., Ertil G. Novel mechanism for the formation of chemisorption phases: The ($_2H^1$)O-Cu(110) "added row" reconstruction. Physical Review Letters, 64, 1990. pp 1761-1764.

19. Cox D.F., Schulz K.H. Interaction of CO with Cu+ cations: CO adsorption on Cu 2 O(100). Surface Science, 249, 1991b, pp 138-148.

20 Cruickshank B., Sneddon D.D., Gewirth A.A. In situ observations of oxygen adsorption on a Cu(100) substrate using atomic force microscopy. Surface Science Letters, 281, 1993., pp 308-314.

21 Dapiaggi M., Tiano W., Artioli G., Sanson A., Fornasini P. The thermal behaviour of cuprite: An XRD-EXAFS combined approach. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B, 200, 2003, pp 231-236.

22. Dash L.K., Bruneval F., Trinite V., Vast N., Reining L. Electronic excitations: ab initio calculations of electronic spectra and application to zirconia ZrO_2, titania TiO_2 and cuprous oxide Cu_2O. Computational Materials Science, 38, 2007, pp 482-493.

23 Dawson P., Hargreave M.M., Wilkinson G.R. The dielectric and lattice vibrational spectrum of cuprous oxide. Journal of Physics and Chemistry of Solids, 34, 1973, pp 2201-2208.

24 De Jongh P.E., Vanmaekelbergh D., Kelly J.J. Cu_2O: a catalyst for the photochemical decomposition of water? Chemical Communications, 1999, pp 1069-1070.

25. Fornasini P., Dalba G., Grisenti R., Purans J., Vaccari M., Rocca F., Sanson A. Local behaviour of negative thermal expansion materials. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B, 246, 2006, pp 180-183.

26 Forster M., Raval R., Hodgson A., Carrasco J., Michaelides A. C($2H_2$) water-hydroxyl layer on Cu(110): a wetting layer stabilized by Bjerrum defects. Physical Review Letters, 106, 2011., 046103. doi:10.1103/PhysRevLett.106.046103.

27 Galeotti M., Cortigiani B., Torrini M., Bardi U., Andryushechkin B., Klimov A., Eltsov K. Epitaxy and structure of the chloride phase formed by reaction of chlorine with Cu(100): a study by X-ray photoelectron diffraction. Surface Science, 349, 1996, pp L164-L168.

28 Gregor L.V. The heat capacity of cuprous oxide from 2.8 to 21°K. Journal of Physical Chemistry, 66, 1962, pp 1645-1647.

29 Hallberg J., Hanson R.C. The elastic constants of cuprous oxide. Physica Status Solidi B, 42, 1970, pp 305-310.

30 Hara M., Kondo T., Komoda M., Ikeda S., Shinohara K., Tanaka A., Kondo J.N., Domen K. Cu_2O as a photocatalyst for overall water splitting under visible light irradiation. Chemical Communications, 1998, pp 357-358.

31 Harrison M.J., Woodruff D.P., Robinson J., Sander D., Pan W., Kirschner J. Adsorbateinduced surface reconstruction and surface-stress changes in Cu(100)/O: Experiment and theory. Physical Review B, 74, 2006, 165402. doi:10.1103 / PhysRevB.74. 165402 40 SKB TR-11-08

32. Haugsrud R. The influence of water vapor on the oxidation of copper at intermediate temperatures. Journal of the Electrochemical Society, 149, 2002, pp B14-B21.

33 Haugsrud R., Kofstad P. On the oxygen pressure dependence of high temperature oxidation of copper. Materials Science Forum 251-254, 1997, pp 65-72.

34 Haugsrud R., Norby T. Determination of thermodynamics and kinetics of point defects in Cu 2 O using the Rosenburg method. Journal of the Electrochemical Society, 146, 1999, pp 999-1004.

35. Ho J.H., Vook R.W. (111)Cu_2O growth modes on (111)Cu surfaces. Journal of Crystal Growth, 44, 1978, pp 561-569.

36 Hodgson A., Haq S. Water adsorption and the wetting of metal surfaces. Surface Science Reports, 64, 2009, pp 381-451.

37 Hohenberg P., Kohn W. Inhomogeneous electron gas. Physical Review, 136, 1964, pp B864-B871.

38 Hu C.C., Nian J.N., Teng H. Electrodeposited p-type Cu_2O as photocatalyst for H_2 evolution from water in the presence of WO_3. Solar Energy Materials and Solar Cells, 92, 2008a., pp 1071-1076.

39 Hu J.H., Johnston H.L. Low temperature heat capacities of inorganic solids. IX. Heat capacity and thermodynamic properties of cuprous oxide from 14 to 300°K. Journal of the American Chemical Society, 73, 1951, pp 4550-4551.

40 Hu J.P., Payne D.J., Egdell R.G., Glans P.A., Learmonth T., Smith K.E., Guo J., Harrison N.M. On-site interband excitations in resonant inelastic X-ray scattering from Cu 2 O. Physical Review B, 77, 2008b, 155115. doi:10.1103 / PhysRevB.77.155115.

41 Hugosson H.W., Korzhavyi P.A., Jansson U., Johansson B., Eriksson O. Phase stabilities and structural relaxations in substoichiometric TiC1-x. Physical Review B, 63, 2001, 165116. doi:10.1103 / PhysRevB.63.165116.

42 Ikeda S., Takata T., Kondo T., Hitoki G., Hara M., Kondo J.N., Domen K., Hosono H., Kawazoe H., Tanaka A. Mechano-catalytic overall water splitting. Chemical Communications, 1998, pp 2185-2186.

43 Islam M.M., Diawara B., Maurice V., Marcus P. Bulk and surface properties of Cu_2O: A first-principles investigation. Journal of Molecular Structure: THEOCHEM, 903, 2009a, pp 41-48.

44 Islam M.M., Diawara B., Maurice V., Marcus P. First principles investigation on the stabilization mechanisms of the polar copper terminated Cu_2O(111) surface. Surface Science, 603, 2009b, pp 2087-2095.

45 Ito T., Yamaguchi H., Okabe K., Masumi T. Single-crystal growth and characterization of Cu_2O and CuO. Journal of Materials Science, 33, 1998, pp 3555-3566.

46. Ivanda M., Waasmaier D., Endriss A., Ihringer J., Kirfel A., Kiefer W. Low-temperature anomalies of cuprite observed by raman spectroscopy and x-ray powder diffraction. Journal of Raman Spectroscopy, 28, 1997, pp 487-493.

47 Jacobsen K.W., Närskov J.K. Theory of the oxygen-induced restructuring of Cu(110) and Cu(100) surfaces. Physical Review Letters, 65, 1990, pp 1788-1791.

48 Jensen F., Besenbacher F., Lögsgaard E., Stensgaard J. Dynamics of oxygen-induced reconstruction of Cu(100) studied by scanning tunneling microscopy. Physical Review B, 42, 1990, pp 9206-9209.

49 Jensen F., Besenbacher F., Lösgaard E, Stensgaard J. Oxidation of Cu(111): two new oxygen induced reconstructions. Surface Science, 259, 1991, pp L774-L780.

50. Jensen F., Besenbacher F., Stensgaard J. Two new oxygen induced reconstructions on Cu(111). Surface Science, 269-270, 1992, pp 400-404.

51 Jolk A., Klingshirn C.F. Linear and nonlinear excitonic absorption and photoluminescence spectra in Cu_2O: Line shape analysis and exciton drift. Physica Status Solidi B, 206, 1998, pp. 841-850.

УДК 533
ГРНТИ 29.17.15

L.G. Kassenova[1]

[1] *Cand.Sci. (Pegagogical), Kazakh University of Economy, Finance and International Trade, Astana, Kazakhstan*

SPECIFICITY OF CALCULATING THE RELATIVE HUMIDITY IN THE PHYSICS TRAINING COURSE

Abstract

The humidity of the air or the degree of air saturation with water vapor is an important characteristic of the air condition. It is expressed by the ratio of the content of water vapor in the air to its content when the air is saturated at a

given temperature. The absolute and relative humidity of the air is used for quantitative estimation of the air humidity. This article is devoted to the study of the specificity of calculating the air relative humidity on the basis of two approaches for obtaining the dew point. In solving problem an error is often allowed under the assumption that the dew point is determined at a constant volume, but really, in practice, it is measured at constant pressure. The analyzed topic of the presented work allowed the following conclusions. The presence of a deviation of 2% found in the process of calculations is due to the fact that the formula proposed in the school course of physics for determining the air humidity through the ratio of the vapor densities is not quite accurate, it can be used only for estimating the relative humidity, and the Mendeleev-Clapeyron equation is an ideal gas law. The vapor, especially close to the dew point, is a real gas for which there is no analytically exact state equation.

Key words: saturated vapor, absolute air humidity, relative humidity, dew point.

Аннотация

Л.Г. Касенова[1]

[1] *к.п.н., Казахский университет экономики, финансов и международной торговли, г.Астана, Казахстан*

СПЕЦИФИЧНОСТЬ РАСЧЕТА ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ В КУРСЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКОЙ

Важной характеристикой состояния атмосферы является влажность воздуха или степень насыщения воздуха водяными парами. Она выражается отношением содержания водяных паров в воздухе к их содержанию при насыщении воздуха при данной температуре. Для количественной оценки влажности воздуха используют абсолютную и относительную влажность воздуха. Статья посвящена исследованию специфики расчета относительной влажности воздуха на основе двух подходов к получению точки росы. Зачастую при решении задач ошибка допускается в предположении, что точка росы определяется при постоянном объеме, а в действительности, на практике, она измеряется при постоянном давлении. Анализируемая проблематика представленной работы, позволила сделать следующие выводы. Наличие отклонения в 2%, обнаруженное в процессе выполнения расчетов, обусловлено тем, что предлагаемая в школьном курсе физики формула для определения влажности воздуха через отношение плотностей пара является не вполне точной, а служит только для оценки относительной влажности, а уравнение Менделеева-Клапейрона является уравнением состояния идеального газа. Пар же, особенно вблизи точки росы, является реальным газом, для которого аналитически точного уравнения состояния не существует.

Ключевые слова: насыщенный пар, абсолютная влажность воздуха, относительная влажность воздуха, точка росы.

Аңдатпа

Л.Ғ. Қасенова[1]

[1] *п.ғ.к., Қазақ экономика, қаржы және халықаралық сауда университеті, Астана қ., Қазақстан*

ФИЗИКА КУРСЫН ОҚЫТУДА САЛЫСТЫРМАЛЫ ЫЛҒАЛДЫЛЫҚТЫ ЕСЕПТЕУ АЙРЫҚШЫЛЫҒЫ

Атмосфераның жай-күйінің маңызды сипаты - ауаның ылғалдығы немесе ауаның су буларымен қанықтыру дәрежесі. Бұл берілген температурада ауадағы су буларының мөлшерін олардың ауаны қанықтырған кездегі мөлшеріне қатынасы арқылы анықталады. Ауа ылғалдылығын сандық бағалау үшін ауаның абсолютті және салыстырмалы ылғалдылығы қолданылады. Мақалада шық нүктесі алудың екі тәсілі негізінде ауаның салыстырмалы ылғалдылығын есептеу ерекшелігі зерттелген. Есептеулер барысында шық нүктесі тұрақты көлем кезінде анықталады деген кате ұғым жиі кездеседі, ал іс жүзінде ол тұрақты қысым кезінде өлшенеді. Көрсетілген жұмыста талданған мәселелер бойынша келесі қорытындылар жасалды. Есептеулер барысында анықталған 2% ауытқудың болуы - мектеп физикасы курсында ұсынылған будың тығыздықтары қатынасы арқылы анықталған ауа ылғалдылығы формуласы салыстырмалы ылғалдылықты бағалау үшін ғана қызмет етеді, ал Менделеев-Клапейрон теңдеуі идеалды газ күйін сипаттайтын теңдеу. Бу, әсіресе шық нүктесі аймағында, аналитикалық дәл теңдеуі жоқ нақты газ болып табылады.

Түйін сөздер: қаныққан бу, ауаның абсолют ылғалдылығы, ауаның салыстырмалы ылғалдылығы, шық нүктесі.

Introduction

Water vapor in the air, despite the huge surface of the oceans, seas, lakes and rivers, is not saturated: the atmosphere is an "open vessel". As a result of air masses movement, at the moment in some places of our planet the water evaporation prevails over condensation, while in others, on the contrary, condensation prevails. However, the air almost always contains a certain quantity of water vapor.

The content of water vapor in the air - its humidity - is characterized by a number of quantities.

An absolute air humidity (a Latin word "absolutus" means complete), a physical quantity indicating the mass of water vapor contained in 1 m^3 of the air, i.e. water vapor density ρ, can be taken for the air humidity quantity. Due to smallness, it is denoted $\frac{g}{m^3}$ [1].

However, the knowledge of absolute humidity discloses nothing about how much water vapor is far from saturation in these conditions. Namely, the intensity of water evaporation and, consequently, the water loss by living organisms depends on this. The speed of drying of tissues and soil, wilting of plants, and many other things depends on this too. Therefore, a quantity indicating how much water vapor at a given temperature is close to saturation is applied, this quantity is called *a relative humidity.*

Main points

How can we calculate the relative humidity? What is to be done to determine it practically? Let us discuss these and other questions by an example of the following problem:

Find the relative humidity in the room at a temperature of 18^0 C, if the dew point is 10^0 C.Solution: 59 % [2].

Or

Air temperature is 20^0 C, dew point is 10^0 C. What is relative air humidity? Solution: No solution [3].

Let us solve the problem. The following definition will be used for this purpose:

Relative humidity is meant to be a physical quantity indicating the absolute humidity percent of the density of saturated water vapor at the same temperature [4]:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} 100\% \quad (1)$$

The density ρ_0 of saturated water vapor can be found on the basis of the table of dependence of saturated vapor density on temperature: at t = 18^0 C ρ_0= 15,4 g/m^3. We will find the density ρ basing on the following considerations. We will reduce the temperature in the room considering it air-tight, until the dew begins to fall. Then, the water vapor density ρ at temperature t_1 and the saturated vapor density ρ' at dew point, i.e. at t=10^0 C, will be the same:

$$\rho = \rho' = 9{,}4 \text{ g/m}^3$$

As a result of calculations, we find the solution φ = 61%.

If we compare this result with the result in the problem book, we see that they are significantly different. Why?

Let us solve the problem in other way using the following definition of a relative humidity:

A relative humidity is the ratio of the partial pressure of water vapor in the gas (primarily in air) to the equilibrium pressure of saturated vapor at a given temperature [5].

Another source gives the following definition:

A relative air humidity is measured by a quantity indicating the absolute humidity percent (partial pressure p) of the saturated vapor pressure p_0 at the same temperature [6]:

$$\varphi = \frac{p}{p_0} 100\% \quad (2)$$

We will turn to the table of dependence of saturated vapor density on temperature and find the values required: p=1,23 kPa, p_0=2,07 kPa. It follows that φ = 59%. This result is the same as the result in the problem book. Which of the two calculations is more accurate?

Let us turn to the gas laws. Let p, V, and m be the parameters of unsaturated water vapor at the certain temperature T, and p_0, V_0, and m_0 be the parameters of saturated water vapor at the same temperature. We will take the Mendeleev-Clapeyron equation for these two states of water vapor:

$pV = \frac{m}{M} RT$, $\quad p_0V_0 = \frac{m_0}{M} RT$

or

$p = \frac{\rho RT}{M}$, $\quad p_0 = \frac{\rho_0 RT}{M}$

By dividing the equalities by one another, we obtain

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{\rho}{\rho_0}$$

Thus, the relative humidity values calculated by formulas (1) and (2) should be the same?!

At solving the problems, in both cases we considered the dew point. What is the "dew point"?

A dew point at a given pressure is a temperature to which the air should be cooled, so that the water vapor contained in it reaches the saturation state and begins to condense into the dew [7].

The dew point can be directly determined using a so-called dew-point hygrometer. It is a metal box 1, the front wall 2 of which is well polished and surrounded by a polished ring 3. Between the wall and the ring there is a heat-insulation gasket 4. A rubber bulb 5 is attached to the box and a thermometer 6 is inserted.

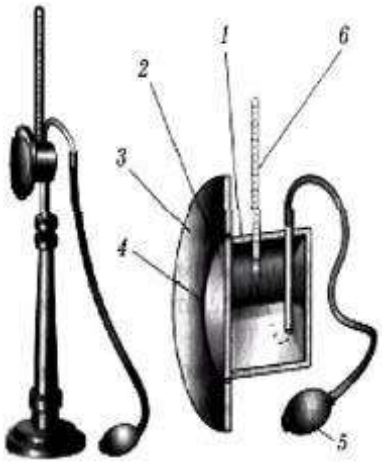


Figure 1. Dew-point hydrometer

If volatile liquid (ether) is poured into the box, then, by blowing air through the box with the help of a bulb, it is possible to cause strong evaporation of the ether and rapid cooling of the box. Dew drops appear on the polished surface. The readings of thermometer reflect the temperature at which they appear. This is the dew point and its appearance indicates that the vapor has become saturated.

The pressure in the area adjacent to the wall (reservoir) can be considered constant, since this area is open to the atmosphere and the pressure drop due to cooling is compensated by an increase in the vapor concentration... Knowing the air temperature and the dew point, one can find the partial pressure of water vapor and relative humidity using the table of dependence of saturated vapor density on temperature... If the dew point is known, then the partial pressure of water vapor p is known. Knowing p and p_0, we can find the relative humidity [8]

$$\varphi = \frac{p}{p_0} 100\%$$

Hence, while determining the dew point in this case, a cooling process takes place at a constant pressure. The investigated air is not isolated from the atmosphere, and its volume will decrease during cooling. The outer air will flow from all sides to the unpressurized room or to the cooled surface of the hygrometer at this reinstating the previous pressure. Consequently, the saturated vapor pressure at the dew point during this process will be the same as the partial pressure of water vapor in the air investigated. In other words, replacing the value of partial pressure of the unsaturated vapor by the value saturated vapor pressure at the dew point in the formula (2) is quite reasonable [9].

However, we should consider that in this case the density of water vapor does not remain unchanged, but it increases all the time because of the outer air flow, and, therefore, the formula (1) cannot be used.

When solving the problem in the first way, the approach to the dew point is completely different - the volume of the air investigated, its mass and density are assumed to be constant at cooling from the room temperature to the dew point. Hence, the partial pressure will decline together with the drop of the temperature, i.e. formula (2), on the contrary, cannot be used for this approach [9].

Which of these two approaches to determine the dew point is employed in practice?

In the overwhelming majority of cases, when determining the relative humidity by devices, the procedure is carried out at a constant pressure. Consequently, the calculation by formula (2) can be considered more correct.

But what about the different results found by formulas (1) and (2). As it turned out, the density ρ at a room temperature T_1 is less than the density ρ_{02} of saturated vapor at the dew point T_2, if the temperature drops at a constant pressure p. Using the Mendeleev-Clapeyron equation for these two states, we get:

$$pV_1 = \frac{m_1}{M} RT_1, \qquad pV_2 = \frac{m_2}{M} RT_2$$

Replacing $\frac{m_1}{V_1}$ by ρ, and $\frac{m_2}{V_2}$ by ρ_{02}, we get:

$$\rho = \rho_{02} \frac{T_2}{T_1}$$

Substituting this expression into formula (1), we find:

$$\varphi = \frac{\rho_{02}}{\rho_0} \frac{T_2}{T_1} 100\% = 59{,}4\ \%$$

Conclusion

All the arguments presented herein are correct. The error was made only under one assumption that the dew point is determined at a constant volume, but really, in practice, it is measured at a constant pressure.

The combination of the fundamental content of the curricula in physics with the practical form of assimilation is invaluable for the development of the intellectual abilities of the future specialist, in demand and competitive in the modern labor market. He must not only master a certain amount of knowledge and solve typical problems, but also have the ability to self-education, creativity, adaptation to changing conditions of activity, independent formulation of tasks and their solution [10].

References

1 Absoliutnaia vlazhnost vozdukha [Absolute air humidity] ru.wikipedia.org. Retrieved from https://ru.wikipedia.org/wiki/ [in Russian].

2 Stepanova, G. (Eds.). (1997). Sbornik zadach po fizike. Dlia 9-10 klassov obshcheobrazovatelnykh uchrezhdenyi [Collection of problems in physics. For 9-10 grades of general education institutions]. (3d ed.). Moskow: Prosveshchenie [in Russian].

3 Krongard, B.A., & Kem, V.I. (2003). Fizika. Didakticheskie materialy: Samostoiatelnye i kontrolnye raboty. Probnoe uchebnoe posobie dlia 10 klassov estestvenno-matematicheskogo napravleniia obshcheobrazovatelnych shkol [Physics. Didactic materials: Independent and control works. Trial training manual for 10 classes of natural-mathematical schools]. – Almaty: ZAO «Izdatelstvo «Mektep» [in Russian].

4 Krongard, B., Kem, V., & Koishibaev N. (2014). Fizika. Uchebnik dlia 10 klassov estestvenno-matematicheskogo napravleniia obshcheobrazovatelnoi shkoly [Physics. Textbook for 10 classes of the natural-mathematical direction of the general education school]. (3d ed.). Almaty: Mektep [in Russian].

5 Otnositelnaia vlazhnost vozdukha [Relative humidity] ru.wikipedia.org. Retrieved from https://ru.wikipedia.org/wiki/ [in Russian].

6 Tusiupzhanov, A., & Dzhanuzakova, A. (2013). Fizika. Uchebnik-test dlia podgotovki k ENT [A textbook-test for preparation for UNT]. – Almaty: SHYN-KITAP [in Russian].

7 Tochka rosy [Dew point] ru.wikipedia.org. Retrieved from https://ru.wikipedia.org/wiki/ [in Russian].

8 Peryshkin, A.V. (2013). Fizika. 8 klass [Physics. 8th grade]. – Moskow [in Russian].

9 Solovianiuk, V. (1992). Ach, uzh eta vlazhnost [Oh, this humidity]. Kvant - Quantum Vol. 11, 35-37 [in Russian].

10 Kasenova, L., & Yessekeeva, M. (2018). Prakticheskoe opredelenie tochki rosy i eye vliianie na raschet otnositelnoi vlazhnosti vozdukha [Practical definition of the dew point and its effect on the calculation of the relative humidity of air]. 3rd European Conference on Innovations in Technical and Natural Sciences. Materials of the international conference, Berlin, Germany, 2018. [in Russian].

УДК 534.1
ГРНТИ 30.15.27

L.G.Kassenova[1]

[1] *Cand.Sci. (Pegagogical), Kazakh University of Economy, Finance and International Trade, Astana, Kazakhstan*

DETERMINATION OF THE GRAVITY ACCELERATION OF A SOLID BODY WITH A PHYSICAL PENDULUM

Abstract

At the moment, there are many experimental methods for determining the gravity acceleration; all of them come into two headings: static and dynamic methods. Pendular methods relating to dynamic methods for observing the motion of a body in the gravitational field of the earth are widely used. In this article we present a method for determining the gravity acceleration with a solid body used as a physical pendulum. The features of the oscillatory motion of a solid body were studied by students in the course of laboratory practical work with a physical pendulum. The article gives the definition of a physical pendulum as a solid body having a fixed axis of rotation that does not pass through its center of gravity; proposed as a physical pendulum to use a reversible and pendulum with a rectilinear homogeneous metal rod. The study of the presented variants of physical pendulum made it possible to solve the following problems: calculate the gravity acceleration by measuring only the length of the rod and the oscillation period of the pendulum if the suspension point coincides with one of the ends of the rod; find the oscillation center on the pendulum knowing the value of the equivalent length of the physical pendulum for the case when the suspension point coincides with the end of the rod; make sure that if the oscillation point is used as the suspension point, the oscillation period of the pendulum remains constant; and find an optimum formula for determining the gravity acceleration.

Key words: solid body, oscillations, physical pendulum, gravity acceleration.

Аңдатпа
Л.Ғ. Қасенова[1]
[1] *п.ғ.к, Қазақ экономика, қаржы және халықаралық сауда университеті, Астана қ., Қазақстан*

ФИЗИКАЛЫҚ МАЯТНИК КӨМЕГІМЕН ҚАТТЫ ДЕНЕНІҢ ЕРКІН ТҮСУ ҮДЕУІН АНЫҚТАУ

Қазіргі уақытта еркін түсу үдеуді анықтаудың көптеген эксперименталдық тәсілдері бар, олардың барлығы екі санатқа бөлінеді: статикалық және динамикалық әдістер. Динамикалық әдістеріне жататын маятникті тәсілдер кеңінен таралған, онда жердің гравитациялық өрісінде дене қозғалысы байқалады. Бұл мақалада физикалық маятник ретінде пайдаланылатын қатты дене арқылы еркін түсу үдеуін анықтау әдісі көрсетілген. Қатты дененің тербеліс қозғалыстар ерекшеліктері студенттермен зертханалық практикум кезінде физикалық маятникпен жұмыс жасау барысында анықталған. Мақалада физикалық маятниктің қатты дене ретінде - ауырлық центрінен өтпейтін, қозғалмайтын горизонталь оське бекітілген - анықтамасы берілген; мысал ретінде айналмалы маятник және металдан жасалған біртекті білеу - физикалық маятник болып табылатын қондырғыларды қолдану ұсынылған. Физикалық маятниктің ұсынылған нұсқалар зерттеулері келесі мәселелерге шешім табуға мүмкіндік берді: іліну нүктесі таяқша соңымен ұшталса, еркін түсу үдеуі тек қана таяқшаның ұзындығы мен маятниктің тербелу периоды арқылы өлшенеді; іліну нүктесі таяқша соңымен сәйкестелген кезде физикалық маятниктің келтірілген ұзындығы маятниктің теңселу орталығы арқылы табылады; іліну нүктесін теңселу центріне ауыстырса - іліну нүктесі теңселу центрі болып табылады, яғни іліну нүктесі мен теңселу центрі қайтымды; еркін түсу үдеудің оңтайлы формуласы анықталады.

Түйін сөздер: қатты дене, тербелістер, физикалық маятник, еркін түсу үдеуі.

Аннотация
Л.Г. Касенова[1]
[1] *к.п.н., Казахский университет экономики, финансов и международной торговли, г. Астана, Казахстан*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА С ПОМОЩЬЮ ФИЗИЧЕСКОГО МАЯТНИКА

В настоящее время существует множество экспериментальных способов определения ускорения свободного падения, все они делятся на две категории: статические и динамические методы. Широкое распространение получили маятниковые способы, относящиеся к динамическим методам, в которых наблюдается движение тела в гравитационном поле земли. В данной статье представлен способ определения ускорения свободного падения с помощью твердого тела, используемого как физический маятник. Особенности колебательного движения твердого тела изучены студентами в ходе лабораторного практикума в работах с физическим маятником. В

статье приведено определение физического маятника как твердого тела, имеющего неподвижную ось вращения, не проходящую через его центр тяжести; предложено в качестве физического маятника использовать оборотный и маятник с прямолинейным однородным металлическим стержнем. Исследование представленных вариантов физического маятника позволило решить следующие задачи: вычислить ускорение свободного падения путем измерения только длины стержня и периода колебаний маятника, если точка подвеса совмещена с одним из концов стержня; зная величину приведенной длины физического маятника для случая, когда точка подвеса совпадает с концом стержня, найти на маятнике центр качания; убедиться в том, что если в качестве точки подвеса использовать центр качания, то период колебаний маятника останется неизменным; найти оптимальную формулу нахождения ускорения свободного падения.

Ключевые слова: твердое тело, колебания, физический маятник, ускорение свободного падения.

Introduction

The gravity acceleration – g - is the acceleration imparted to the body in vacuum by gravity, i.e. the geometric sum of the gravitational attraction of the planet (or other astronomical body) and the inertial forces caused by its rotation.

At present, pendular methods for determining the gravity acceleration are becoming widespread. They observe the motion of a body in a gravitational field characterized by gravity, potential of gravity and its various derivatives [1].

Pendular measurements are a relative method that makes it possible to determine the gravity acceleration between gravimetric points. Gravimetric points are the points on the surface of the earth in which the gravity acceleration is measured and the parametric coordinates and heights are determined. The essence of the method consists in observing the free oscillations of the same pendulum at different points. The advantages of such measurements are the independence of measurement results, accuracy, and independence from the duration of the gravity observations and from the complexity of the field.

Problem Statement

When studying the course of mechanics during the laboratory practical work, various methods for determining the acceleration of the gravity of the body are offered to the students. The simplest and most accurate method is the determination of the gravity acceleration with a mathematical pendulum. But, when studying the mechanics of a solid body, the students should also learn the basic laws and features of the oscillatory motion of a solid body. It turns out that the gravity acceleration can be determined with a solid body used as a physical pendulum [2]. The students' learning the features of the oscillatory motion of a solid body cannot be considered complete and comprehensive if in the course of a laboratory practical work they do not study a physical pendulum [3, 65 p.].

Purpose

Determination of the gravity acceleration with a solid body used as a physical pendulum.

History

A physical pendulum is a solid body having a fixed axis of rotation that does not pass through the center of gravity. If this body is disturbed from the equilibrium, it starts torsional oscillation around the axis [4, 235 p.]. Figure 1 represents a body corresponding to the definition of a physical pendulum.

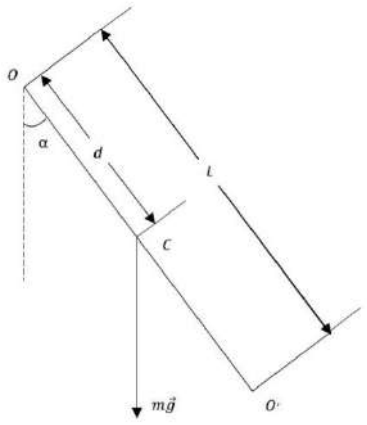


Figure 1. Physical pendulum

The pendulum rotation axis passes through point *O* perpendicular to the plane of the figure. Point *C* corresponds to the mass center of the body. The distance from the mass center *C* to the oscillation axis *O* is

d. In accordance with the theory, the period of oscillations of a physical pendulum is determined by the formula:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgd}} \quad (1)$$

where I is the moment of body inertia about the horizontal axis passing through point O perpendicular to the figure, m is the mass of the body [5].

In accordance with this formula, a mathematical pendulum the length of which is $L=\frac{I}{md}$ will have the same oscillation period as the given physical one. The specified length *L* is called the equivalent length of a physical pendulum.

A point located at a distance *L* from the rotation axis along a line passing through the mass center is called *the center of oscillation of a physical pendulum.* It is indicated by point *O'* in Figure 1. Knowing the equivalent length *L* of physical pendulum, we can determine the value of the gravity acceleration by the formula: $g= 4\pi^2\frac{L}{T^2}$.

One of the properties of a physical pendulum is that if the center of oscillation *O'* is used as the suspension point, then the oscillation period of the pendulum is the same as in the case when the point of suspension is the point *O.*

Research Methods

A reversible pendulum is practically used as a physical pendulum (Figure 2) [6, 253 p.].

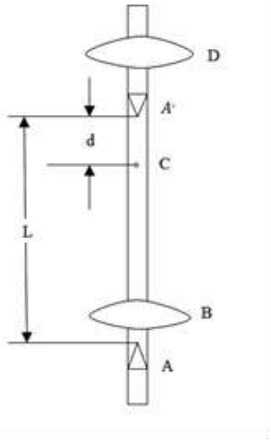


Figure 2. Reversible pendulum

It is a metal rod on which the iron prisms *A* and *A'* are rigidly fixed. Two metal bobs *B* and *D* can move freely along the rod, with bob *B* located between the prisms, and bob *D* - at one of the ends of the rod. When performing the laboratory work, the bob *B* is fixed immovably, and the bob *D* is moved. At each position of the bob *D*, the periods T_1 and T_2 of the oscillations of the pendulum are determined, when the prisms *A* and *A'* serve as the suspension points. Moving the bob D, we can find its position where the periods T_1 and T_2 coincide. When this coincidence is achieved, the distance between the prisms is equal to the equivalent length of the pendulum. Knowing the equivalent length of the pendulum, we can calculate the gravity acceleration *g*.

The disadvantage of using a reversible pendulum is that the procedure of finding the position of the bob *D* where the periods T_1 and T_2 coincide is rather complicated. It is not possible to achieve an exact coincidence of the periods T_1 and T_2, since at each movement of the bob *D* both the oscillations period T_1 and T_2 change. As a result, their exact coincidence corresponds to the limit which one should obtain performing a lot of tests.

In the course of practical work it is proposed to use a straight homogeneous metal rod *EF* of length *l* as a physical pendulum (Figure 3) [7, 213 p.].

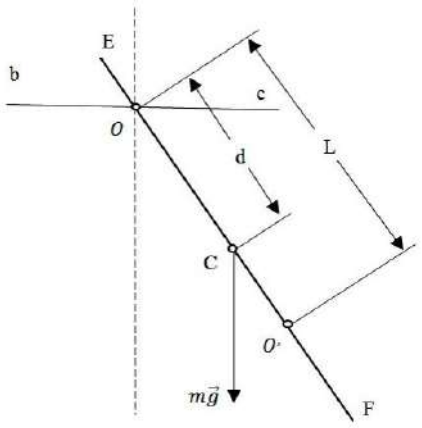


Figure 3. A physical pendulum with a rectilinear homogeneous metal rod

The axis of the pendulum lies loosely in the horizontally arranged parallel rods *b* and *c*. If we use such a rod, we can easily find the position of the mass center. For this purpose it is sufficient to determine the position of the middle of the rod. Then we can measure the distance *d*.

If the axis of rotation passes through an arbitrary point on the rod (except for a point that coincides with the mass center), then using the Huygens-Steiner theorem, we can calculate the moment of inertia *I* of the rod about this axis: $I = I_0 + md^2$,

where $I_0 = \frac{1}{12}ml^2$ – is the moment of inertia of the rod about the axis passing through the mass center of the rod perpendicular to the rod.

As $I = \frac{1}{12}ml^2 + md^2$, then according to the formula (1) for calculating the gravity acceleration the following formula is obtained:

$$g = 4\pi^2 \frac{l^2 + 12\,d^2}{12\,d\,T^2} \quad (2)$$

The equivalent length of this physical pendulum is as follows:

$$L = \frac{l^2 + 12\,d^2}{12\,d} \quad (3)$$

If the axis of rotation passes through the end of the rod, then $d = \frac{l}{2}$ and according to formulas (2) and (3) we obtain the following:

$$g = \frac{8\pi^2}{3T^2}\,l \quad (4)$$

$$L = \frac{2}{3}\,l \approx 0{,}66\,l \quad (5)$$

We see that in this case it is sufficient to measure only the length of the rod *l* and the period of its oscillations in order to determine the gravity acceleration *g* in accordance with formula (4) [8].

Findings

According to finding (5), we can conclude that if we use a mathematical pendulum the length of which is two-thirds of the length of the rod and a pendulum the axis of which passes through the end of this rod, then the periods of oscillation of the rod and the mathematical pendulum are the same. Such a specific finding cannot be interesting for students, especially since it can be easily verified experimentally at once [3, 8, 9].

It turns out that there is a minimum possible value for the equivalent length of a physical pendulum. To find it, we introduce the coefficient *k* and use *kl* instead of *L* in formula (3). Further, analyzing the discriminant obtained on the basis of (3) of the quadratic equation $12d^2 - 12\,kld + l^2 = 0$, we get that *k* cannot be less than $\frac{1}{\sqrt{3}} \approx 0{,}577$, and, consequently, the equivalent length *L* cannot be less than 0,577 *l*.

Conclusion

Thus, examining the presented variants of the physical pendulum, we can solve the following problems:

1. According to formula (4), we can calculate the gravity acceleration *g* by measuring only the length *l* of the rod and the oscillation period of the pendulum if the suspension point coincides with one of the ends

of the rod. This method allows determining g with greater accuracy in comparison with the method when a reversible pendulum is used.

2. Knowing the value of the equivalent length of the physical pendulum $L=\frac{2}{3}\ l \approx 0{,}66l$ for the case where the suspension point O coincides with the end of the rod, it is easy to find the oscillation center O' on the pendulum and make sure that if we use the oscillation point O' as the suspension point, then the oscillation period of the pendulum is the same as in the case when the point of suspension is the point O.

3. The gravity acceleration can also be determined by the general formula (2) for different values of d and one can verify the advantage of determining g by formula (4).

References

1 Андреева Н. В., Баранова Я. Ю., Козлова Е. Р., Корнейчук М. А., Мартынова Н. С., Празина Е. А. Определение ускорения свободного падения маятниковым способом [Электронный ресурс]. – 2016. - URL: http://today.science-publish.ru (дата обращения: 10.03.2018)

2 Андреева Н. В., Баранова Я. Ю., Козлова Е. Р., Корнейчук М. А., Мартынова Н. С., Празина Е. А. Определение ускорения свободного падения с помощью физического маятника // European Research - 2015. - №10 (11).- С.54-56

3 Исатаев, С.И., Корзун, И.Н., Аскарова, А.С. и др. Механика. Общий физический практикум. Второе издание: учебное пособие/ С.И. Исатаев, И.Н. Корзун, А.С. Аскарова и др. – Алматы: Қазақ университеті, 2014. – 209 с.

4 Савельев, И.В. Курс общей физики. В 5-ти т. Том 1. Механика: Учебн.пос., 5-е изд. / И.В.Савельев. – СПб.: Лань, 2011. – 352 с.

5 Russeva G.B., Tsutsumanova G.G. and Russev S.C. An Experiment on a Physical Pendulum and Steiner's Theorem // Physics Education – 2010. – vol. 45 - P.58-62

6 Сивухин, Д.В. Общий курс физики. Том 1. Механика: Уч.пос. / Д.В.Сивухин. – М.: Физматлит, 2010. – 520 с.

7 Kittel, C., Knight, W.D. and Ruderman, M.A. Mechanics. Second Edition: Berkeley Physics Course/ C. Kittel, W. D. Knight and M.A. Ruderman. - New York: McGraw-Hill., 1965. - vol 1. 451 p.

8 Гольдин, Л.Л., Игошин, Ф.Ф., Козел, С.М. и др. Лабораторные занятия по физике: Учебное пособие/ Гольдин Л.Л., Игошин Ф.Ф., Козел С.М. и др. − М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. − 704 с. - doi: 10.3367/UFNr.0144.198411m.0542

9 Касенова Л.Г. Организация лабораторного практикума при изучении физики в вузе // Вестник Казахского национального университета. Серия «Педагогические науки» №2 (48), 2016, с.90-95

УДК 550.312; 528.27
ГРНТИ 37.31.23

М.О. Кенжебаева[1]

[1]PhD докторант, Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби совместно с Институтом Механики и Машиноведения имени академика У.А. Джолдасбекова, г. Алматы, Казахстан.

ВЛИЯНИЕ ПОДЗЕМНОЙ АНОМАЛИИ НА ГРАВИТАЦИОННОЕ ПОЛЕ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

Аннотация

При исследовании подземных залежей, необходимо сделать предварительный анализ месторасположения и состава полезных ископаемых. Часто предприятие сталкивается с ограничением информации, то есть они оперируют только надземной информацией, а что под землей им не известно. С точки зрения естественных наук полезные ископаемые (и не только они) называются аномалиями или неоднородностью. Задача авторов заключается в определение плотности неоднородности при известном месторасположении аномалий по известным данным на поверхности земли. В частности, измерения гравиметра (поля силы тяжести). Это задача математически сводится к решению обратной задачи уравнения Пуассона с известными граничными условиями. Авторами при исследовании прямой задачи данной математической модели были выявлены ряд интересных фактов. А именно поведение потенциала гравитационного поля на поверхности земли при различных месторасположениях аномалий имеет свои нюансы, которые необходимо будет учитывать при решении обратной задачи гравиметрии. Так как в процессе решения обратной задачи необходимо будет многократно решать прямую задачу. Не учёт факторов, о которых написано в статье, приведет к серьезны искажениям результатов счета. Следовательно, к неверной интерпретации данных.

Ключевые слова: гравиметрия, прямая задача, уравнение Пуассона с граничными условиями, обратная задача, градиентный метод, гравитационное поле.

Аңдатпа
М.О. Кенжебаева

ЖЕР БЕТІНДЕГІ ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ ӨРІСІНЕ ЖЕРАСТЫ АУЫТҚУШЫЛЫҚТАРДЫҢ ӘСЕРІ

PhD докторант, Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті және Академик У.А. Жолдасбеков атындағы Механика және Машина жасау Институты, Алматы қ., Қазақстан.

Жер асты кен орындарын зерттеу кезінде пайдалы қазбалардың орналасу мен құрамын алдын-ала сараптау қажет. Көбінесе кәсіпорын ақпараттық шектеулерге тап болады, яғни олар тек жер үсті ақпаратпен жұмыс істейді және олар жер астында белгілі емес. Табиғи ғылымдар тұрғысынан минералдар (және олар ғана емес) ауытқулар немесе біртекті деп аталады. Авторлардың міндеті жер бетіндегі белгілі деректерге сәйкес аномалиялардың белгілі бір жерінде біртектіліктің тығыздығын анықтау болып табылады. Атап айтқанда, гравиметрдің өлшемдері (гравитациялық өріс). Бұл мәселе белгілі шекаралық шарттармен Пуассон теңдеуінің кері есептерін шешуге математикалық түрде азаяды. Осы математикалық модельдің тікелей проблемасын зерттеген авторлар қызықты фактілерді анықтады. Атап айтқанда, гравитациялық өрістің әлеуетін жердің бетіндегі әртүрлі жерлерде ауытқулардың мінез-құлқы кері гравиметриялық мәселені шешуде ескеру қажет болатын өз нюанстарына ие. Себебі кері есепті шешу барысында тікелей есепті бірнеше рет шешу қажет болады. Мақалада көрсетілген факторларды ескерместен, есептің нәтижелерін елеулі бұрмалауға әкеледі. Сондықтан, деректер дұрыс сипаталмайды.

Түйінді сөздер: гравиметрия, тікелей есеп, шекаралық шарттарымен Пуассон теңдеуі, кері есеп, градиент әдісі, гравитациялық өріс.

Abstract
Kenzhebayeva M.O.[1]
[1]PhD doctoral student, Al-Farabi Kazakh National University with Academician U.A. Joldasbekov Institute of Mechanics and Engineering Science, Almaty, Kazakhstan.

INFLUENCE OF UNDERGROUND ANOMALY ON THE GRAVITATIONAL FIELD ON THE EARTH'S SURFACE

When investigating underground deposits, it is necessary to make a preliminary analysis of the location and composition of minerals. Often an enterprise faces information restriction, that is, they operate only with above-ground information, and that they are not known under the ground. From the point of view of natural sciences, minerals (and not only these) are called anomalies or heterogeneity. The task of the authors is to determine the density of inhomogeneity at a known location of the anomalies according to known data on the surface of the earth. In particular, measurements of the gravimeter (gravity field). This problem mathematically reduces to solving the inverse problem of the Poisson equation with known boundary conditions. The authors, when investigating the direct problem of this mathematical model, revealed a number of interesting facts. Namely, the behavior of the potential of the gravitational field on the earth's surface at various locations of the anomalies has its own nuances that will need to be taken into account when solving the inverse gravimetric problem. Since in the process of solving the inverse problem it will be necessary to solve the direct problem many times. Not taking into account the factors mentioned in the article will lead to serious distortion of the results of the account. That is why the data is not interpreted correctly.

Key words: gravimetry, direct problem, Poisson equation with boundary conditions, inverse problem, gradient method, gravitational field.

Проблема изучения глубинного строения земной коры является одной из стратегических направлений геофизических исследований, обеспечивающих развитие наук о Земле. При этом гравиразведка является одним из основных методов изучения строения земной коры. Гравиметрическая или гравитационная разведка (сокращенно гравиразведка) – это геофизический метод исследования строения литосферы, поисков и разведки полезных ископаемых, базирующийся на изучении гравитационного поля Земли.

Основным измеряемым параметром этого метода является ускорение свободного падения. В задачи гравиразведки входят измерения значений параметров поля силы тяжести, выделение аномальных составляющих гравитационного поля и их геологическая интерпретация. От других геофизических методов гравиразведка отличается сравнительно большой производительностью полевых наблюдений и успешно применяется при решении самых различных геологических задач.

Целью авторов на первоначальном этапе было удостовериться, что построенная математическая модель правильно описывает процесс и в точности соответствует в упрощенном виде процессам в реальности. В связи с этим мы взяли исследуемую область максимально упрощенной, в частности прямоугольник, и неоднородность в виде квадрата. Мы рассматриваем пока в двухмерном пространстве. Берем некоторый разрез земли в глубину. То есть по оси OX у нас поверхность земли,

по оси OZ глубина разреза. Гравитационное поле описывается разностью потенциалов полей (основного поля и поля с неоднородностью), которое характеризуется уравнением Пуассона (1). Граничные условия по границе Г (см. рис.1) мы взяли равные нулю (2). Так как всегда исследуемую область можно расширить таким образом, что бы не было влияния гравитационного поля аномалии, тое есть разность потенциалов была равна нулю. Значение же на поверхности земли $\eta_2(x)$ ставиться в соответствии с показаниями гравиметра (3). Граничное условие производной потенциала на поверхности земли также получена измерениями гравиметра (4). Условие (4) является лишним, и не используется при решении уравнения Пуассона. Но так как в уравнении состояния (1) есть значение плотности аномалии, которую мы не знаем при решении обратной задачи гравиметрии, то условие (4) используется для составления минимизируемого функционала (6)

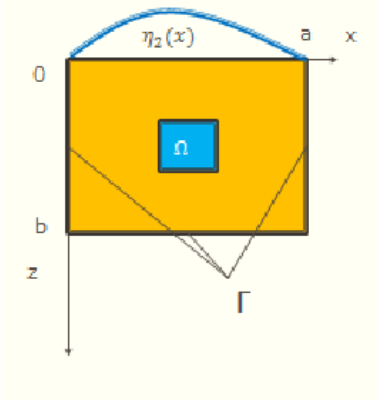


Рисунок 1. Интерпретация упрощенной модели постановки задачи.

Таким образом мы получили оптимизационную задачу. Минимизировать функционал (6) при уравнении состояния (1) с граничными условиями (2)-(3), где плотность аномалии имеет вид (5).

Математическая постановка модели имеет вид:

$$\Delta\,\eta(x,z) = -4\pi\psi(x,z)G \quad (1)$$

$$\eta(x,z)|_{\Gamma} = 0 \quad (2)$$

$$\eta(x,0) = \eta_1(x) \neq 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial\eta(x,0)}{\partial z} = \eta_2(x) \neq 0 \quad (4)$$

$$\psi(x,z) = \begin{cases} 0, & \text{вне } \Omega \\ \psi_0, & \text{в } \Omega \end{cases} \quad (5)$$

$$I(\psi_0) = \int_0^L \left(\frac{\partial\eta(x,0)}{\partial z} - \eta_2(x)\right)^2 dx \to \min \quad (6)$$

В этой статье мы опишем только интересные факты, связанные при решении прямой задачи. Так как на момент исследования мы не имеем реальных значении гравиметра и реальных аномалии. То нам приходиться только предполагать какие именно показания будут на поверхности земли. Что бы знать наверняка мы расширили аналогичным образом верхнюю границу так что бы она была равна нулю. И стали наблюдать, что происходит с верхней границей при различных расположениях аномалии внутри исследуемой области.

Расчеты производились на COMSOL Multiphysics 5.2. Допустим нам необходимо исследовать область размером 100 по горизонтали и 50 по вертикали. Искусственно расширим область вверх на 100, для того чтобы проанализировать, что произойдет на верхней границе z=50.

Аномалия имеет размерность 2 на 2. Будем изменять место положение аномалии по горизонтали по j=0, 10, 20, 30, 35, 40, 45. Достаточно будет менять месторасположение аномалии до середины исследуемой области, так как ранее мы убедились, что результаты получаются симметричными. Сдвиги по вертикали по i=5, 10, 15, 20, 30, 40, 50.

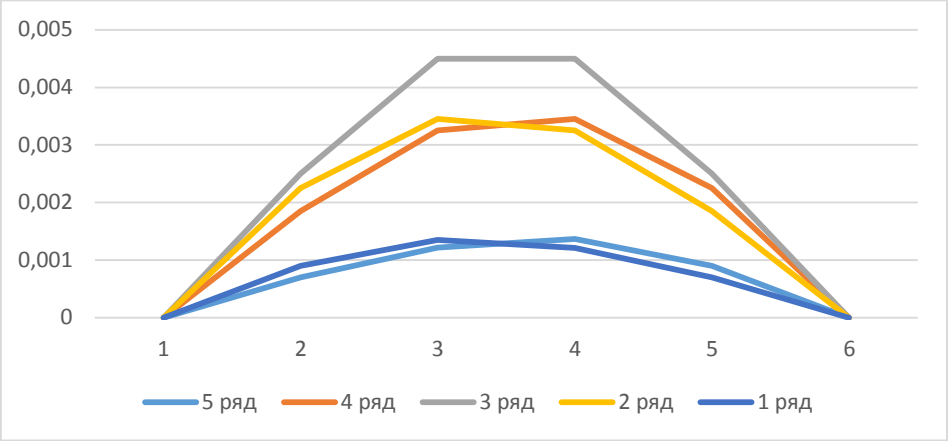


Рисунок 2. Изменение значения потенциала на поверхности земли при горизонтальном сдвиге аномалии.

1) Если аномалия расположена ближе к боковым границам, тогда значение потенциала на верхней границе не принимает больших значений. Так как при заданной постановке задачи (условия по боковым и нижней границам равны нулю) аномалия не может располагаться вблизи боковых граней, в связи с этим при росте потенциала, потенциал тут же «затухает» за счет условия нуля на границе. Вершины образованных парабол указывают на то, с какой стороны от середины области расположена аномалия.

2) Если аномалия расположена чуть дальше от краев ближе к середине, то значение потенциала уже больше. Но не достигает своего максимума как при центральном расположении аномалий. Связано это опять с обнулением граничных условии. Вершины образованных парабол аналогично указывают на то, с какой стороны от середины области расположена аномалия.

3) Если аномалия расположена в центре области, то потенциал поля на верхней границе достигает своего максимального значения. Граничные нулевые условия не влияют на потенциал поля. Вершина параболы расположена строго по центру.

Вывод: Следовательно, за истинные показания гравитационного поля на верхней границе мы можем брать только центральное расположение аномалии. Так как остальные расположения дают искаженные показания за счет нулевых граничных условии. Это следовало ожидать, так как изначально при постановке задачи мы оговаривали, что границу исследуемой области расширяем таким образом, чтобы аномалия не влияла на границу и мы считали равной значение потенциала на границе нулю. Что и показал наш эксперимент. Далее будем рассматривать только центральное расположение аномалии по слоям вверх.

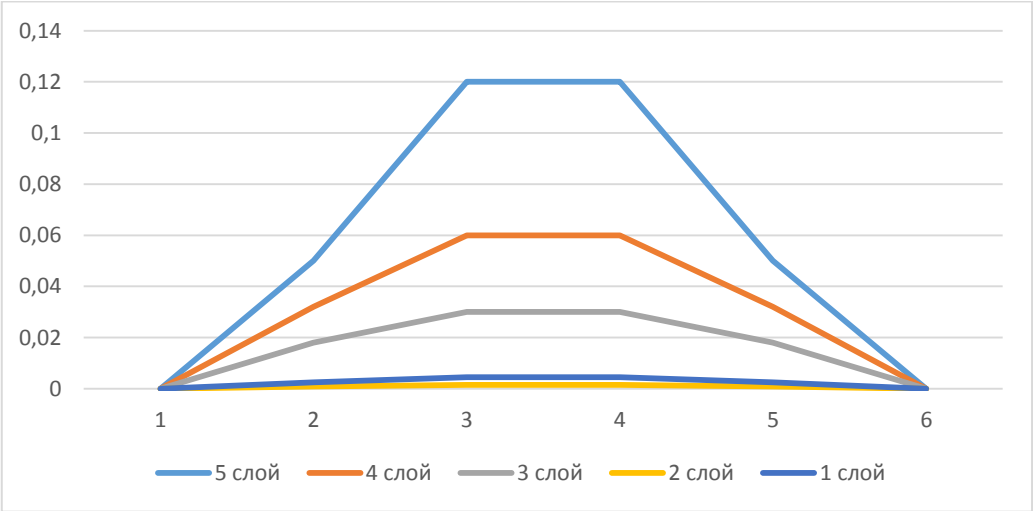


Рисунок 3. Изменение значения потенциала на поверхности земли при вертикальном сдвиге аномалии по центру исследуемой области.

Из рисунка видно, что в зависимости от глубины меняется значение потенциала. Чем глубже аномалия, тем меньше потенциал, и наоборот: чем ближе к поверхности аномалия, тем больше гравитационное поле. В принципе это и было ясно интуитивно. А теперь мы точно экспериментально получили подтверждение предположениям.

Вывод: Чем ближе к поверхности земли расположена аномалия, тем больше значение гравитационного поля, чем глубже расположена аномалия, тем меньше значение гравитационного поля на поверхности земли.

Обратную задачу решаем при помощи градиентного метода. Производная в классическом смысле не высчитывается. В связи с этим посчитали производную Гато, которая накладывает не такое строгое ограничение, но достаточное для решения оптимизационной задачи.

Сделав необходимые выкладки, мы сформулировали теорему:

Теорема:

При решении обратной задачи уравнения Пуассона вида (1)-(6). Используем производную Гато, которая имеет вид:

$$\mathrm{I}'(\psi_0) = 4\pi G \iint\limits_{\Omega} p dx dz$$

Где p это решение сопряженной задачи имеющая вид:

$$\triangle\, p(x,z) = 0$$
$$p(x,T) = 0$$
$$p(0,z) = 0$$
$$p(L,z) = 0$$
$$p(x,0) = 2\left(\frac{\partial \mathrm{y}(\mathrm{x},0)}{\partial \mathrm{z}} - \eta_2(x)\right)$$

Метод решения:

Постановка задачи сводится к решению прямой и обратной задачи. На первом этапе мы должны хорошо изучить прямую задачу, проверяем на наличие отклонении и неточностей при различных расположениях аномалии внутри исследуемой области. Анализируем изменение плотности на верхнее значение гравитационного поля. Все расчеты производились на программном продукте Comsol Multiphysics 5.2. Это программный продукт содержит в себе все необходимые численные расчеты. Полученные решения основаны на методе конечных элементов. Этот метод является наиболее точным и универсальным. Преимущество Comsol Multiphysics 5.2 в скорости решения и предоставления визуального решения поставленной задачи. К сожалению обратную задачу решить на Comsol Multiphysics 5.2 затруднительно, но для решения прямой задачи она достаточно хорошо подходит.

Результаты решения прямой задачи показали следующее. При различном расположении аномалии по области исследования верхняя границе гравитационного поля изменялась не так как ожидалось. А именно, если аномалия располагалась ближе к боковым границам, то симметрия получаемой параболы сильно менялась, даже выгибалась. К тому же пик параболы не располагался в точности над центром аномалии, а смещался. Таким образом внося искажение и сложность для обратного восстановления месторасположения аномалии. Связано это было с нулевыми граничными условиями, которые мы наперед задали, расширив область. Таким образом составленная математическая модель не в полной мере описывает процесс. То есть изначально мы не предполагали, что аномалия будет располагается вблизи границы. Аномалия должна располагаться строго по центру области. Иначе мы не можем опираться на результаты гравитационного поля, так как они дают сдвиги в разные стороны. Наибольшее искривление получается ближе к поверхности земли. То есть чем глубже аномалия, тем меньше искривление.

Список использованной литературы:

1 Кабанихин С.И. Обратные и некорректные задачи. Учебник для студентов высших учебных заведений. – Новосибирск: Сибирское научное издательство, 2009. -457 с.

2 Малых М.Д. Уравнения математической физики. Курс лекции, прочитанных 2012-2013 учебном году на факультете наук о материалах МГУ, 2012. – 178 с.

3 Сорокин Л.В. Гравиметрия и гравиметрическая разведка. Учебник 3-е издание. Нефтяная и горно-топливная литература, 1953 г. – 484 с.

4 Грушинский Н.П. Введение в гравиметрию и гравиметрическую разведку. Учебное пособие // - М.: 1961 г. – 206с.

5 Камбаров Н.Ш., Приходько В.А., Тараканов Ю.А. Интерпретация гравитационных аномалий. Спутниковая гравиметрия. Учебное пособие // -М.: 1987 г. – 151 с.

6 Алексидзе М.А. Приближенные методы решения прямых и обратных задач гравиметрии. -М.: Наука, 1987 г. - 333 с.

УДК 533.15; 536.25
ГРНТИ 29.17.15; 29.17.35

В.Н. Косов[1], С.А. Красиков[2], О.В. Федоренко[3], М.К. Асембаева[4]

[1] д.ф.-м.н., профессор, Казахский Национальный Педагогический Университет им. Абая, г. Алматы, Казахстан
[2] к.тех.н., Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики при Казахском Национальном Университете им. Аль-Фараби,г. Алматы, Казахстан
[3,4] к.ф-м.н., Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики при Казахском Национальном Университете им. Аль-Фараби,г. Алматы, Казахстан

ОПЫТНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МАССООБМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ В НАКЛОННЫХ КАНАЛАХ

Аннотация

Задача создания новых, перспективных технологий разделения природных углеводородных смесей с использованием эффектов диффузионной неустойчивости требует комплексного подхода сочетающего в себе теоретические, экспериментальные и инженерные этапы разработки. Одним из перспективных способов управления эффектом разделения в газах, является работа при различных углах наклонна разделительных диффузионных-каналов.

Создан стенд для изучения диффузионных и конвективных особенностей массопереноса при различных углах наклона диффузионного канала. Представлены спроектированные и изготовленные элементы стенда, схемы и общий вид устройства, позволяющие изучать разделение компонентов в газовой смеси. Целью работ на представленном стенде является поиск оптимальных режимов разделения природных газовых смесей позволяющих получить оптимальные характеристики по коэффициентам разделения и расходам.

Ключевые слова: Газы, смеси, диффузия, конвекция, разделение, угол наклона.

Андатпа

В.Н. Косов[1], С.А. Красиков[2], О.В. Федоренко[3], М.К. Асембаева[4]

ТӘЖІРИБЕЛІ СТЕНД ЗЕРДЕЛЕУ ҮШІН МАССА АЛМАСУ СИПАТТАМАЛАРЫН КӨПКОМПОНЕНТТІ ГАЗ КӨЛБЕУ КАНАЛДАР

[1] ф.-м.ғ.д., профессор, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2] тех.ғ.к., әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің Эксперименттік және теориялық физика Ғылыми зерттеу институты, Алматы қ., Қазақстан
3,4 ф.-м.ғ.к., әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің Эксперименттік және теориялық физика Ғылыми зерттеу институты, Алматы қ., Қазақстан

Диффузиялық орнықсыздық әсерін пайдалана отырып, табиғи көмірсутекті қоспаларды перспективалық бөлу технологияларының жаңа тапсырмаларын құру теориялық, эксперименттік және инженерлік әзірлеу кезеңдерінің үйлесіміндегі кешенді тәсілді талап етеді. Перспективалық әдістердің бірі газдардың бөліну эффектісімен әртүрлі көлбеу бұрыштарында диффузиялық каналда бөлуді басқару жұмысы болып табылады.

Әртүрлі көлбеу бұрышты диффузиялық каналда массатасымалдаудың диффузиялық және конвективтік ерекшеліктерін зерттеу үшін стенд құрылды. Сызбалар мен құрылғылардың жалпы түрі, газ қоспалары компоненттерін бөлуді зерттеуге мүмкіндік беретін стендтің жобаланған және дайындалған элементтері ұсынылды. Ұсынылған стендте жұмыстың мақсаты, табиғи газ қоспаларындағы бөлу коэффициенттері мен шығындарды бөліп алуға мүмкіндік беретін оңтайлы сипаттамаларын алу бойынша оңтайлы режимдерін іздеу болып табылады.

Түйін сөздер: Газдар, қоспалар, диффузия, конвекция, бөлу, көлбеу бұрышы.

Abstract

EXPERIMENTAL STAND FOR STUDYING THE MASS-EXCHANGE CHARACTERISTICS OF MULTICOMPONENT GAS MIXTURES IN INCLINED CHANNELS

Kosov V.N.[1], Krasikov S.A.[2], Fedorenko O.V.[3], Asembayeva M.K.[4]

[1] Dr. Sci. (Phys.-Math), Professor, Abai University, Almaty, Kazakhstan

[2] Cand. Sci. (Engineering), SRI of Experimental and theoretical physics at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

[3,4] Cand. Sci. (Phys.-Math), SRI of Experimental and theoretical physics at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

The creation task of new, perspective technologies for the separation of natural hydrocarbon mixtures using the effects of diffusion instability requires a comprehensive approach combining the theoretical, experimental and engineering stages of development. One of the promissory ways to control the effect of separation in gases is to work at various inclination angles of the separation diffusion channels.

A stand for the study of diffusion and convectional features of mass transfer at different slope angles of the diffusion channel was created. The designed and manufactured stand elements, diagrams and general view of the device allowing studying the separation of components in a gas mixture are presented. The purpose of the works on the presented stand is to search for optimal separation modes of natural gas mixtures that allow to obtain optimal characteristics by separation coefficients and flow rates.

Key words: gases, mixtures, diffusion, convection, separation, slope angle.

Инновационные решения, связанные с очисткой природного газа, разделением на компоненты с заданными теплофизическими свойствами представляются актуальными для решения задач по развитию промышленно-энергетического комплекса Республики Казахстан, снижения экологической нагрузки на окружающую среду. Одним из способов разделения газовых смесей является термо-гравитационный метод [1]. Для достижения максимального эффекта разделения этим способом, как для промышленных, так и научных целей, необходима корректная информация об особенностях тепло-концентрационной конвекции и термодиффузионных характеристиках массопереноса. Если для изотопных или бинарных смесей опытные результаты и аналитические решения позволяют получить соответствующие данные [2], то в многокомпонентных системах возможно возникновение особых режимов смешения, существенно искажающих ожидаемый массоперенос. Примером могут являться результаты исследований по изучению конвективной неустойчивости в изотермических тройных газовых смесях, приводящие к синергетическому эффекту, связанному со значительным увеличением скорости смешения компонентов системы [3, 4]. Интенсивность суммарного массопереноса возрастает в десятки раз и реализуются условия, связанные с приоритетным переносом компонента с наибольшим молекулярным весом, что можно использовать для получения смеси, обогащенной компонентом с заданными теплофизическими свойствами.

Как показали проведенные в [5, 6] исследования, изотермическим смешением в газах можно управлять за счет изменения внешних параметров системы. К ним может относиться изменение угла наклона диффузионного канала, в котором происходит смешение газовой смеси. Для экспериментальной проверки данного предположения необходимо создать опытный стенд, позволяющий осуществлять измерения массообменных характеристик при различных углах наклона диффузионного канала и выявления областей с максимальным проявлением эффекта разделения.

В перспективе, развитие методов разделения углеводородных газовых смесей, основанных на принципах диффузионной неустойчивости, могут привести к созданию разделительных устройств с потребительскими свойствами близкими к абсорбционным [7]. Конструктивно устройства для разделения базовых смесей базируются на принципах, изложенных в патентах [8-10], и служат основой, на которой создаются конкретные устройства разделения.

Создание стенда базируется на базе двухколбового аппарата с диффузионным каналом (рис. 1) характерным для разрабатываемых устройств. Для проведения опытных работ будет использоваться модернизированный стенд по изучению процессов, вызванных неустойчивостью механического равновесия при диффузии в газовых смесях с вертикальной ориентацией канала. Для проведения экспериментов стенд должен быть снабжен устройством наклона диффузионной ячейки к вертикали (рис. 2). Устройство должно позволять проводить эксперименты с наклоном к вертикальной оси в диапазоне от 0 до 90°.

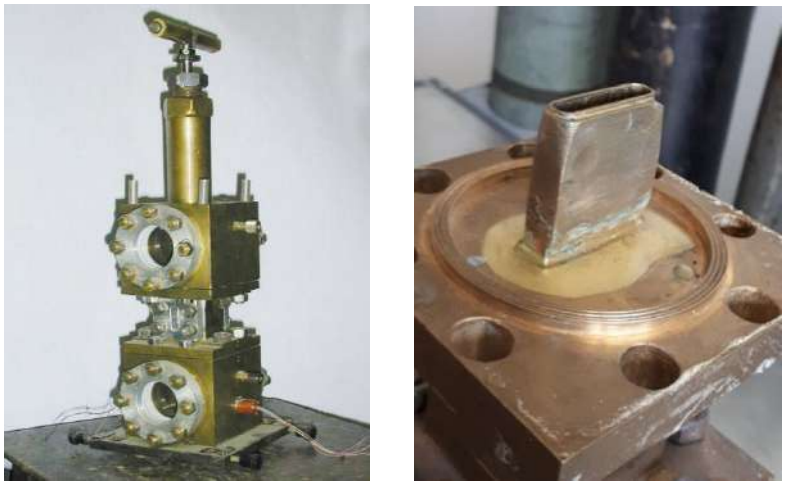


Рисунок 1. Двухколбовый аппарат с диффузионным каналом характерным для разрабатываемых устройств

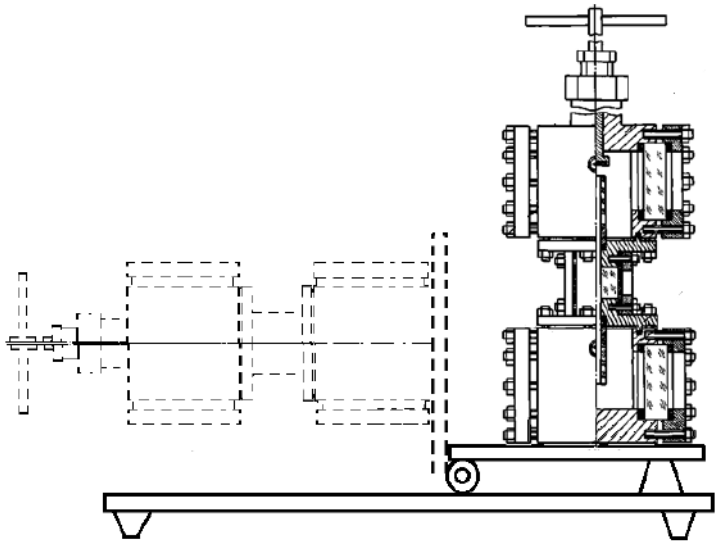


Рисунок 2. Двухколбовый аппарат с диффузионным каналом, установленный на устройство наклона к вертикали

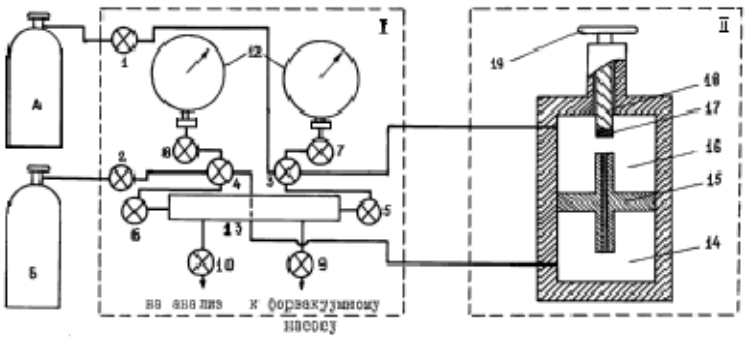


Рисунок 3. Схема стенда для изучения диффузионного и конвективного массопереноса в газовых смесях при наклоне на фиксированный угол к вертикали. А, Б – баллоны с газами; I – блок подготовки газов; II – двухколбовый аппарат с устройством наклона к вертикали. 1-10 – краны; 12 – образцовые манометры; 13 – выравнивающая емкость; 14 – нижняя колба; 15 – диффузионный канал; 16 – верхняя колба; 17 – фторопластовая таблетка; 18 – шток; 19 – вороток

Схема стенда для изучения процессов многокомпонентного смешения в газовых смесях представлена на рис. 3. Опытная установка состоит из двух основных частей. Первая – это блок

подготовки газов, который включает в себя набор вентилей для заполнения из баллонов исходными газами колб аппарата и по окончании опыта взятия проб газов на анализ; емкости, с помощью которой выравнивают давление в колбах прибора и контролирующими давление манометрами (используются образцовые манометры с соответствующими пределами измерений класса точности 0,4…0,6). Вторая часть установки представляет собой двухколбовый аппарат с диффузионным каналом, установленным на устройство наклона к вертикали, изображенным на рис. 3. Проведенные мероприятия по созданию стенда позволяют проводить исследования по изучению диффузионных и конвективных характеристик в зависимости от угла наклона канала и выявить области максимального проявления эффекта разделения в многокомпонентных газовых смесях.

Работа выполнена в рамках проекта № AP05132427 «Реализация принципа конвективных сепараторов в наклонных каналах» Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан и гранта МОН РК «Лучший преподаватель вуза – 2017 г.»

Список использованной литературы

1 Демин В. А. Конвективные сепараторы // Прикладная физика. – 2013. – № 4. – С. 60-67.

2 Рыжков, И.И. Термодиффузия в смесях: уравнения, симметрии, решения и их устойчивость / И.И. Рыжков. – Новосибирск: СО РАН, 2013. – 200 с.

3 Дильман В. В., Липатов Д. А., Лотхов В. А., Каминский В. А. Возникновение неустойчивости при нестационарном испарении бинарных растворов в инертный газ // Теор. основы хим. технологии. – 2005. – Т. 39. № 6. – С. 600-606.

4 Косов В. Н., Жаврин Ю. И. Образование структур и концентрационная конвекция при изотермической диффузии в трехкомпонентных газовых смесях через переменное число каналов равной площади // Письма в журнал техн. физики. – 1993. Т. 19. Вып. 10. – С. 18-21.

5 Косов В. Н., Кульжанов Д. У., Жаврин Ю. И., Федоренко О. В. Влияние концентрации компонентов смеси на возникновении конвективных режимов смешения при диффузии в тройных газовых смесях // Журнал физ. химии. – 2017. – Т. 91. № 6. – С. 931-936.

6 Руев Г. А., Федоров А. В., Фомин В. М. Описание аномальной неустойчивости Рэлея-Тейлора на основе модели динамики трехскоростной температурной смеси // Прикл. мех. и тех. физ. – 2009. – Т. 50. № 1. – С. 58-67.

7 Косов, В.Н., Кульжанов, Д.У., Жаврин, Ю.И., Красиков, С.А., Федоренко, О.В. Особенности разделения углеводородных изотермических газовых смесей при конвективной диффузии / Под ред. чл.- корр. НАН РК, проф. В.Н. Косова. – Алматы: MV-Принт, 2014. – 144 с.

8 Предварительный патент РК № 6359. Способ разделения газовой смеси и устройство для его осуществления / Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Красиков С.А. – Опубл. 15.07.1998. – Бюл. № 6.

9 Патент РК № 26884. Устройство разделения газовой смеси / Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Красиков С.А., Федоренко О.В. // Промышленная собственность. – 2013. – Бюл. № 12 б. – С. 129.

10 Инновационный патент РК № 30416, Устройство для разделения газовой смеси. / Косов В.Н., Жаврин Ю.И., Красиков С.А., Федоренко О.В. // Промышленная собственность. – 2015. – Бюл. № 10. – С. 26

ГРНТИ 29.17.15; 29.17.35
УДК 533.15:536.25

В.Н. Косов[1], М.С. Молдабекова[2], В. Мукамеденкызы [3], О.В. Федоренко[4], А. Хуандык[5]

[1] д.ф.-м.н., профессор, Казахский национальный педагогический университет им. Абая, г. Алматы, Казахстан

[2] д.п.н., профессор, Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики при Казахском Национальном Университете им. Аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

[3,4] к.ф-м.н., Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики при Казахском Национальном Университете им. Аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

[5] магистрант, Казахский национальный педагогический университет им. Абая, г. Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ БАЛЛАСТНОГО ГАЗА (ПРОПАНА) НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ СМЕСИ ПО ДЛИНЕ КАНАЛА

Аннотация

Рассмотрена изотермическая трехкомпонентная диффузия в системе двух колб при изобарно-изотермических условиях. Показано существование минимума распределения плотности, приводящее к

возникновению конвективной неустойчивости диффузионного процесса. В бинарных системах с балластным газом определена возможность возникновения инверсии градиента плотности по длине канала. Из анализа теоретического описания следует, что инверсия градиента плотности и неустойчивая диффузия возникают только при определенном содержании балластного газа в системе. Обнаружено, что значение координаты экстремума в канале зависит от концентрации балластного газа как в верхней, так и нижней колбах. Отмечено, что существенное отличие концентрации балластного газа – пропана в колбах диффузионного аппарата соответствует одному из эффектов Тура, т.е. обратной диффузии или реверсивной диффузии.

Ключевые слова: диффузия, концентрация, плотность, балластный газ, инверсия градиента плотности.

Аңдатпа

В.Н. Косов[1], М.С. Молдабекова[2], В. Мукамеденкызы [3], О.В. Федоренко[4], А. Хуандык[5]
[1] ф.-м.ғ.д., профессор, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2] ф.-м.ғ.д., профессор, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің Эксперименттік және теориялық физика Ғылыми зерттеу институты, Алматы қ., Қазақстан
[3,4] ф.-м.ғ.к., әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің Эксперименттік және теориялық физика Ғылыми зерттеу институты, Алматы қ., Қазақстан
[5] Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университетің магистранты, Алматы қ., Қазақстан

ҚОСПА ТЫҒЫЗДЫҒЫНЫҢ КАНАЛ ҰЗЫНДЫҒЫМЕН ТАРАЛУҒА БАЛЛАСТЫҚ ГАЗДЫҢ (ПРОПАН) КОНЦЕНТРАЦИЯСЫНЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Изобарлы-изотермді жағдайдағы екіколба жүйесінде изотермдік үшкомпонентті диффузия қарастырылған. Диффузиялық процестің конвективтік орнықсыздығына алып келетін тығыздық таралуының минимум мәні болатындығы көрсетілді. Балласты газды бинарлы жүйелерде канал ұзындығы бойынша градиент инверсиясының пайда болу мүмкіндігі анықталды. Теориялық зерттеулерде көрсетілгендей тығыздық градиентінің инверсиясы және орнықсыз диффузия жүйеде балласты газды белгілі құрамында ғана болатындығы көрсетілген. Каналдағы экстремум координата мәндері жоғарғы және төменгі колбалардағы балласты газ концентрациясынан тәуелділігі анықталды. Диффузиялық аппарат колбаларындағы балласты газ - пропан концентрациясының өзгешелігі Тур эффектілерінің біріне, яғни кері диффузия, реверсивті диффузияға сәйкес келетінді көрсетілді.

Түйін сөздер: диффузия, концентрация, тығыздық, балласты газ, тығыздық градиентінің инверсиясы.

Abstract

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE CONCENTRATION OF BALLAST GAS (PROPANE) ON THE DISTRIBUTION OF THE DENSITY OF MIXTURE BY THE LENGTH OF THE CHANNEL

Kosov V.N.[1], Moldabekova M.S.[2],Mukamedenkyzy V.[3], Fedorenko O.V.[4], Khuandyk A.[5]
[1] Dr. Sci. (Phys.-Math), Professor, Abai University, Almaty, Kazakhstan
[2] Dr. Sci. (Phys.-Math), Professor, SRI of Experimental and theoretical physics at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
[3,4] Cand. Sci. (Phys.-Math), SRI of Experimental and theoretical physics at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
Student of Master's Programme in Physics, Abai University, Almaty, Kazakhstan

Isothermal three-component diffusion in a system of two flasks under isobaric-isothermal conditions is considered. The existence of a minimum of the density distribution, which leads to the appearance of a convective instability of the diffusion process, is shown. The possibility of an inversion initiation of the density gradient along the length of the channel is determined in binary systems with ballast gas. From the analysis of the theoretical description, it follows that the inversion of the density gradient and the unstable diffusion arise only at a certain content of the ballast gas in the system. It is found that the value of the extremum coordinate in the channel depends on the concentration of the ballast gas both in the upper and lower flasks. It is noted that a significant difference in the concentration of the ballast gas (propane) in the flasks of the diffusion apparatus corresponds to one of the Toor's effects, i.e. back diffusion or reverse diffusion.

Key words: diffusion, concentration, density, ballast gas, density gradient inversion.

Экспериментальное изучение многокомпонентной диффузии в газовых системах при изобарно-изотермических условиях показало, что в некоторых из них при определенных условиях происходит нарушение механического равновесия. Это нарушение приводит к возникновению конвективных потоков смешивающихся газов в диффузионном канале замкнутого прибора, т.е. двухколбовом аппарате. Наложение конвективного потока на собственно молекулярный перенос приводит к диффузионной неустойчивости процесса смешения, т.е. к неустойчивости механического равновесия

[1-5]. Возникновение таких конвективных потоков в диффузионном канале обуславливает различные диффузионные режимы, которые не описываются в рамках закона Фика.

Следует отметить, что, анализируя уравнения Стефана-Максвелла для эквимолярной диффузии в трехкомпонентной газовой системе, Тур [6] определил условия (соотношения между концентрациями и коэффициентами взаимной диффузии компонентов), при которых наблюдаются некоторые особенности (эффекты) в диффузионном процессе газовой среды.

Как известно, в замкнутых приборах из-за возникновения диффузионного бароэффекта в диффузионном канале появляется гидродинамический поток, который в значительной степени влияет на перенос компонентов [7, 8]. В бинарной системе диффундирующих газов равномерно разбавленного третьим – балластным газом градиент концентрации балластного газа равен нулю. Но балластный газ может переноситься возникшим гидродинамическим потоком, что соответствует «осмотической» диффузии.

Если происходит перенос компонента в направлении его градиента, то как отметил Тур, наблюдается обратная диффузия. Этот эффект можно реализовать в двухколбовом аппарате при исследовании многокомпонентной диффузии с балластным газом. При этом концентрация балластного газа в верхней колбе должна быть выше, чем в нижней и иметь тенденцию к дальнейшему увеличению со временем.

В данном исследовании рассмотрена бинарная система гелий – метан с балластным газом – пропаном при различных концентрациях всех трех компонентов при температуре T = 293,0 К и давлении опыта p = 0,58 МПа. Моделирование диффузионного смешения описывается для двухколбового аппарата. Целью исследования являлось изучение влияния концентрации балластного газа на распределение средней плотности смеси по длине канала двухколбового аппарата.

В изотермических трехкомпонентных газовых смесях была экспериментально обнаружена возможность возникновения неустойчивого режима, когда градиент плотности смеси в замкнутом диффузионном канале был направлен из верхней колбы в нижнюю [7]. Возникновение неустойчивого режима связано с немотонностью распределения плотности смеси по длине диффузионного канала. Таким образом, анализ условий, при которых происходит смена знака градиента плотности, является актуальной, так как это одна из первопричин возникновения неустойчивости в газовой системе.

Возникновение инверсии градиента плотности можно проанализировать на основе рассмотрения задачи о квазистационарном переносе газов в системе двух колб, основанной на решении уравнений Стефана-Максвелла. Решение уравнений Стефана-Максвелла для такой задачи, когда концентрация одного из компонентов значительно меньше, чем у остальных в смеси, рассмотрена авторами в [8]. В данной работе показано, что увеличение концентрации тяжелого компонента приводит к нелинейному распределению концентрации тяжелого компонента по длине канала. Это приводит к инверсии градиента плотности.

Рассмотрение эквимолярной изотермической трехкомпонентной диффузии двухколбовым методом при изобарно-изотермических условиях показывает существование минимума распределения плотности, что может привести к возникновению конвективной неустойчивости диффузионного процесса [2, 9].

Устойчивая стационарная трехкомпонентная диффузия через вертикальный канал в указанных ранее условиях описывается следующей системой уравнений:

$$
\begin{aligned}
&p = const,\\
&T = const,\\
&\sum_{i=1}^{3} c_i = 1; \qquad n\sum_{i=1}^{3} c_i \mathbf{u}_i = 0,\\
&div(n \cdot c_i \cdot \mathbf{u}_i) = 0, \quad i = 1, 2;\\
&\sum_{j \neq i} \frac{c_i \cdot c_j}{D_{ij}} \cdot (\mathbf{u}_i - \mathbf{u}_j) = -grad(c_i), \; i = 1, 2; \; j = 1, 2, 3;
\end{aligned}
\tag{1}
$$

где p – давление, T – температура, n – числовая плотность, $\mathbf{u}_i$ – вектор средней скорости молекул i-го компонента; D_{ij} – коэффициенты взаимной диффузии. Концентрации компонентов c_i определяются соотношением:

$$c_i = n_i / (n_1 + n_2 + n_3) = n_i / n.$$

Считая, что геометрия канала соответствует условию $d << L$ (d – диаметр, L – длина), можно предположить, что газовая смесь в целом остается неподвижной, а поперечным распределением концентрации и скорости в нем можно пренебречь, то после усреднения (1) по сечению канала в одномерном случае получим:

$$\begin{aligned}
&\sum_{i=1}^{3} c_i = 1,\ p = const,\ T = const;\ n \cdot \sum_{i=1}^{3} c_i \cdot u_i = 0,\\
&n \cdot c_i \cdot u_i = j_i = \frac{J_i}{S} = const,\ i = 1,2;\\
&\sum_{j \neq i}^{3} \frac{c_i \cdot c_j}{D_{ij}} \cdot \left(u_i - u_j\right) = -\frac{d}{dz} c_i,\ i = 1,2;\ j = 1,2,3;
\end{aligned} \tag{2}$$

где J – полный числовой поток через капилляр; J_i – полный числовой поток i-го компонента через капилляр; S – площадь поперечного сечения капилляра; n – числовая плотность газа; j и j_i – полная и парциальные плотности числового потока, соответственно.

Система уравнений (2) решается при следующих граничных условиях:

$$\begin{aligned}
&z = L,\ c_1 = c_{1I},\ c_2 = c_{2I},\ c_3 = c_{3I},\\
&z = 0,\ c_1 = c_{1II},\ c_2 = c_{2II},\ c_3 = c_{3II}
\end{aligned} \tag{3}$$

Решение (2) при учете (3) имеет вид [9, 10]:

$$\begin{aligned}
c_1(z) &= -B \cdot \left[j_1 \cdot \left(X_3 \cdot z - X_1 + \frac{A}{B} \right) - X_2 \cdot K_1 \cdot \exp\left(\frac{z}{B} \right) \right],\\
c_3(z) &= -B \cdot \left[j_3 \cdot \left(X_3 \cdot z - X_1 - \frac{A}{B} \right) + X_2 \cdot K_3 \cdot \exp\left(\frac{z}{B} \right) \right],\\
c_2(z) &= 1 - c_1(z) - c_3(z),
\end{aligned} \tag{4}$$

где K_i, X_i, A, B, j_i – константы, вычисляемые для заданных значений концентраций компонентов.

Соотношения (4) позволяют найти распределение плотности смеси ρ, а также ее градиент [10]:

$$\begin{aligned}
&\frac{1}{n} \rho(z) = m_1 c_1 + m_2 c_2 + m_3 c_3,\\
&\frac{1}{n} \frac{dp}{dz} = \left(m_1 - m_2\right) \frac{dc_1}{dz} + \left(m_3 - m_2\right) \frac{dc_3}{dz} =\\
&= -B \cdot X_3 \cdot \left(\Delta m_1 \cdot j_1 + \Delta m_3 \cdot j_3\right) + X_2 \cdot e^{\frac{z}{B}} \cdot \left(\Delta m_1 \cdot K_1 - \Delta m_3 K_3\right),\\
&\Delta m = m_i - m_2
\end{aligned} \tag{5}$$

В уравнениях (5) m_i обозначает массу молекулы i-го сорта.

Общий анализ уравнений (4) показывает, что содержащиеся в них экспоненциальные по координате члены, приводят к существенно нелинейному распределению концентраций, связанному

с проявлением одного из эффектов Тура, в частности, обратной диффузии. Из анализа соотношения (5) следует, что инверсия градиента плотности, а, следовательно, и неустойчивая диффузия, возникают только при определенном содержании балластного газа в системе.

С помощью описанного выше подхода было проведено теоретическое исследование следующих газовых систем: 1) 0,3 He + 0,7 C_3H_8 – 0,5 CH_4 + 0,5 C_3H_8, 2) 0,3 He + 0,7 C_3H_8 –0,45 CH_4 + 0,55 C_3H_8, 3) 0,35 He + 0,65 C_3H_8 – 0,5 CH_4 + 0,5 C_3H_8, 4) 0,35 He + 0,65 C_3H_8 – 0,55 CH_4 + 0,45 C_3H_8. На рисунке 1 приведены распределения плотности рассматриваемых смесей, иллюстрирующие возможность инверсии градиента плотности при различных концентрациях балластного газа (пропана) в колбах. Длина диффузионного канала в расчетах принята 0,165 м.

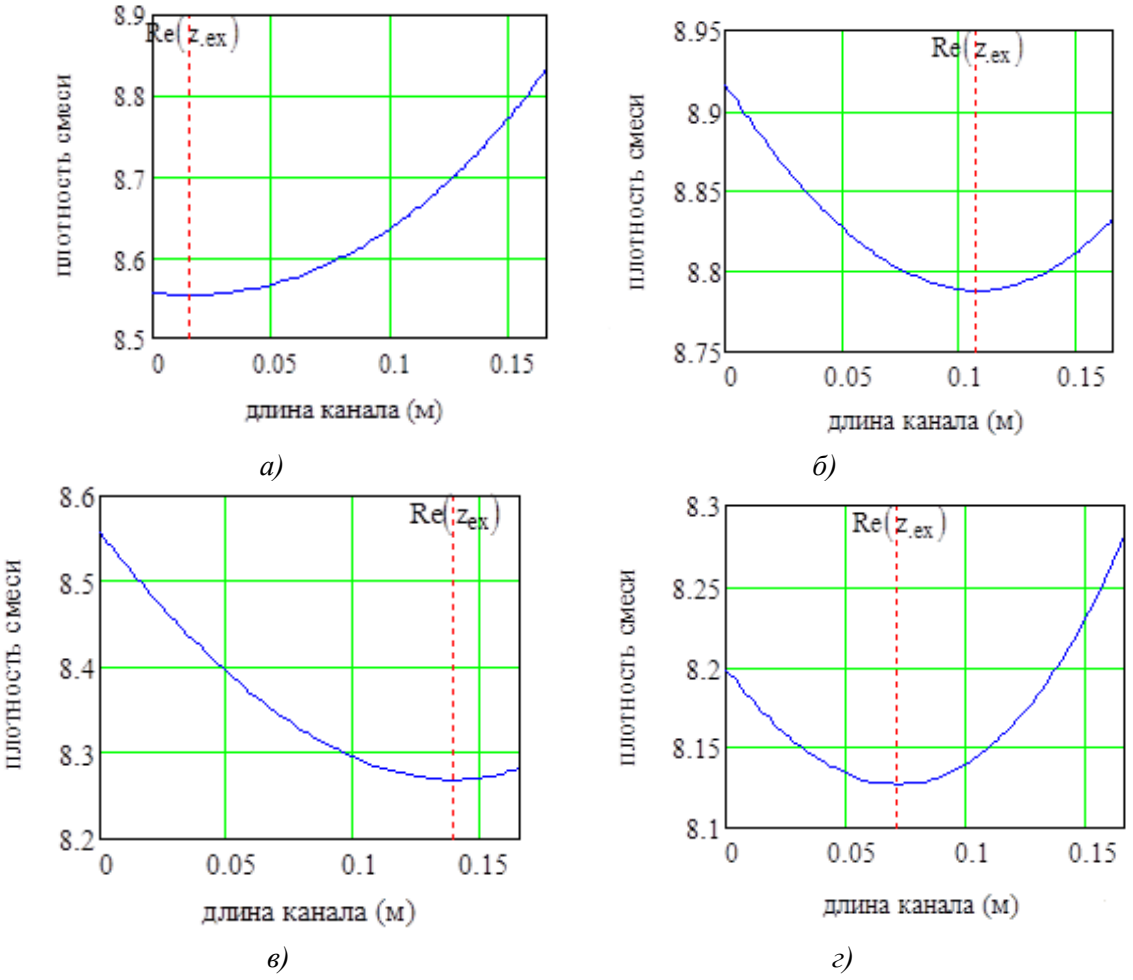


Рисунок 1. Распределение плотности в системах:
а) 0,3 He + 0,7 C_3H_8 – 0,5 CH_4 + 0,5 C_3H_8; б) 0,3 He + 0,7 C_3H_8 – 0,45 CH_4 + 0,55 C_3H_8;
в) 0,35 He + 0,65 C_3H_8 – 0,5 CH_4 + 0,5 C_3H_8; г) 0,35 He + 0,65 C_3H_8 – 0,55 CH_4 + 0,45 C_3H_8.

Из рисунков 1 а), б) свидетельствует о том, что увеличение концентрации балластного газа до 0,55 мольных долей приводит к смещению минимума плотности по каналу в направлении к верхней колбе. При этом значение координаты экстремума в канале z_{ex} возрастает. Для системы 0,3 He + 0,7 C_3H_8 – 0,45 CH_4 + 0,55 C_3H_8 координата экстремума равна z_{ex} = 0,1072 м, а для системы 0,3 He + 0,7 C_3H_8 – 0,5 CH_4 + 0,5 C_3H_8 координата экстремума составляет z_{ex} = 0,016 м, т.е. для этой системы точка экстремума находится ближе к началу координат по сравнению с другими рассматриваемыми системами, что соответствует уменьшению положительного градиента плотности, и, следовательно, к снижению интенсивности сил, вызывающих конвекцию.

Анализ систем 0,35 He + 0,65 C_3H_8 – 0,5 CH_4 + 0,5 C_3H_8, 0,35 He + 0,65 C_3H_8 – 0,55 CH_4 + 0,45 C_3H_8 показывает обратную тенденцию, т.е. уменьшение концентрации пропана в верхней колбе до 0,65 мольных долей приводит к росту координаты экстремума плотности по длине канала до 0,1395 м. Уменьшение же концентрации пропана в нижней колбе до 0,45 мольных долей смещает координату

экстремума до 0,0711 м. Таким образом, уменьшение концентрации пропана – балластного газа оказывает существенное влияние на форму распределения плотности, т.е. на значение координаты экстремума в канале.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенное исследование показывает, что в системах, когда два основных диффундирующих газов разбавлены третьим – балластным газом (пропаном) возможна инверсия градиента плотности, которая является одной из первопричин неустойчивой диффузии. Для случая обратной диффузии координата экстремума плотности зависит от концентрации балластного газа в колбах диффузионного аппарата.

Работа выполнена в рамках проекта № AP05130986 «Особые режимы и возникновение пространственно-временных конвективных формирований при диффузии в многокомпонентных газовых смесях» Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан и гранта «Лучший преподаватель вуза – 2017» Министерства образования и науки Республики Казахстан.

Список использованной литературы

1 Каминский В.А. Расчет диффузионных потоков и распределение концентраций для трехкомпонентной диффузии // ЖФХ. – 2011. – Т. 85. № 11. – С. 2127-2130.

2 Каминский В.А. Особые режимы трехкомпонентной диффузии в газах // ЖФХ. – 2011. Т. 85. № 12. – С. 2359-2364.

3 Miller L., Mason E.A. Oscillating instabilities in multicomponent diffusion // Phys. Fluids. – 1966. – Vol. 9. No. 4. – P. 711-721.

4 Dil'man V.V., Lipatov D.A., Lotkhov V.A., Kaminskii V.A. Instability in unsteady-state evaporation of binary solutions into an inert gas // Theor. Found. Chem. Eng. – 2005. – Vol. 39. No. 6. – P. 566-572.

5 Ruev G.A., Fedorov A.V., Fomin V.M. Description of the anomalous Rayleigh-Taylor instability on the basis of the model of dynamics of a three-velocity three-temperature mixture // J. Appl. Mech. and Tech. Phys. – 2009. – Vol. 50. No. 1. – P. 49-57.

6 Toor H.L. Diffusion in three-component gas mixture // A.I.Ch.E. Journal. – 1957. – Vol. 3. No. 2. – P.198-207.

7 Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Федоренко О.В., Акжолова А.А. Некоторые особенности изотермического многокомпонентного массопереноса при конвективной неустойчивости газовой смеси // ТОХТ. – 2016. – Т. 50. № 2. – С. 177-183.

8 Селезнев В.Д, Смирнов В.Г. Диффузия трехкомпонентной смеси газов в системе двух колб // ЖТФ. – 1981. – Т. 51. № 4. – С.975-980.

9 Александров О.Е. Точное решение уравнения диффузии через капилляр для трехкомпонентной смеси // ЖТФ. – 2001. – Т. 71. Вып. 11. – С. 21-24.

10 Косов, В.Н., Селезнев, В.Д. Аномальное возникновение свободной гравитационной конвекции в изотермических тройных газовых смесях / В.Н. Косов, В.Д. Селезнев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2004. – 149 с.

УДК 531/534
ГРНТИ 29.19.13

А.И. Купчишин[1], Б.Г. Таипова[2], В.М. Лисицын[3]

[1] д.ф.-м.н., профессор, Казахский национальный педагогический университет им. Абая и Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан
[2] магистр, НС, Казахский национальный педагогический университет им. Абая, г.Алматы, Казахстан
[3] д.ф.-м.н., профессор, ГНС, Казахский национальный педагогический университет им. Абая, г.Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИХ РАЗРУШЕНИЕ

Аннотация

В работе изучено влияние различных наполнителей на физико-механические свойства ряда композиционных пленок и предложены модели разрушения. Объектом исследования выбран композитный материал на основе полиимида (ПИ) с различными концентрациями второго компонента. Исследуемые образцы изготавливались методом механического смешения на основе полиимидного лака и растворов второго

компонента. Установлено, что введение различных наполнителей в полиимид позволяет получать материалы с заданными свойствами. Концентрация наполнителя и особенности его внутреннего строения, а также технология синтеза определяют особенности физико-механических свойств получаемых материалов. Предложены различные модели при одноосном нагружении материалов. Наилучшее согласие с экспериментом дает экспоненциальная модель.

Ключевые слова: матрица, наполнитель, композит, концентрация, электронное облучение, механические свойства.

Аңдатпа

А.И. Купчишин[1], Б.Г. Таипова[2], В.М. Лисицын[3]

КОМПОЗИТТІК МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ СЫНУЫН **ЗЕРТТЕУ**

[1] ф.-м.ғ.д., профессор, Абай атындағы ҚазҰПУ, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

[2] магистр, ҒҚ, Абай атындағы ҚазҰПУ, Алматы қ., Қазақстан

[3] ф.-м.ғ.д., профессор, БҒҚ, Абай атындағы ҚазҰПУ, Алматы қ., Қазақстан

Әртүрлі толтырғыштардың бірнеше компазициялық қабықшаның физика-механикалық қасиеттеріне әсері зерттелді және сыну модельдері ұсынылды. Зерттеу нысаны екінші компоненттің әртүрлі концентрациясы бар полимерге негізделген композитті материалын таңдады. Зерттеліп отырған үлгі полимитті лактың механикалық араласуы негізінде және екінші ретті компонентті сұйықтық әдісімен дайындалды. Кіріспеде келтірілген полимидтегі түрлі толықтырғыштар арқылы керекті қасиеті бар материалдар алуға болатындығы анықталды. Толықтырғыштардың консентрациясы, ішкі құрылысының ерекшелігі және құрылу амалы пайда болған материалдың физико-механикалық қасиетін анықтайды. Материалдарды бірлік деңгейде негіздеуге түрлі әдіс тәсілдер ұсынылған. Тәжірибе негізінде экспонеттік модель беріледі.

сөздер: матрица, толтырғыш, композит, концентрациясы, электронды сәулелену, механикалық қасиеттері.

Abstract

THE STUDY OF THE PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS AND THEIR DESTRUCTION

Kupchishin A.I.[1], Taipova B.G.[2], Lisitsyn V.M.[3]

[1] Dr.Sci.(Phys.-Math), Professor, Al-Farabi Kazakh National University, Abay University, Almaty, Kazakhstan

[2] Master Degree, Researcher, Abay University, Almaty, Kazakhstan

[3] Dr.Sci.(Phys.-Math), Professor, Abay University, Almaty, Kazakhstan

In work influence of various excipients on physicomechanical properties of a number of composition films is studied and destruction models are offered. Composite material on the basis of polyimide (PI) with various concentration of the second component is chosen as an object of a research. The studied exemplars were made by method of mechanical mixture on the basis of polyimide varnish and solutions of the second component. It is established that introduction of various excipients to polyimide allows to receive materials with the given properties. Concentration of an excipient and feature of its interior and also technology of synthesis define features of physicomechanical properties of the received materials. Various models at a monoaxial loading of materials are offered. The exponential model gives the best consent with an experiment

Key words: matrix, filler, composite, concentration, electronic irradiation, mechanical properties.

Введение

Развитие современной техники и промышленности ужесточает требования к технологическим и эксплуатационным свойствам используемых материалов. В основе создания новых материалов лежит варьирование, интегрирование и комбинирование объектов различной природы, в частности, организованных молекулярных конструкций, а также оптимизация их пространственной организации [1, 2]. Одно из приоритетных направлений современной физики конденсированного состояния вещества – это изучение закономерностей изменения физико-механических свойств композиционных полимерных материалов в результате различных физических воздействий. Большинство полимеров представляют сложные образования с различной степенью упорядоченности отрезков макромолекулярных цепей. Их свойства варьируются в широких пределах в зависимости от химического строения, структуры и от длины макромолекул [3, 4]. Структурообразование в полимерах – это достаточно сложный и многообразный процесс, при котором размеры структурных элементов существенно влияют на механические свойства полимеров (чем они крупнее, тем больше напряжение рекристаллизации, хрупкость и меньше пластичность) [5,6]. Систематическое изучение процессов воздействия механической нагрузки на полимеры и композиты на их основе позволяет

проследить эволюцию структуры материала [7,8]. Имеет большое практическое значение установление возможных путей улучшения их механических свойств.

Усиливающий элемент в композитах вводится в полимерную матрицу в виде равномерно распределенных по объему нано-, микро- или макроскопических волокон и зерен, представляя собой молекулярный раствор элементов в гибкой матрице [9]. Керамические высокотемпературные сверхпроводящие проводники (ВТСП) очень хрупки, поэтому для практического использования и исследований наиболее подходящими представляются пленочные системы в виде полимерных композитных материалов (ПКМ). Они обладают структурным совершенством поликристаллитов и пластическими свойствами полимеров.

К настоящему времени накопленный немногочисленный экспериментальный и теоретический материал по радиационным превращениям в полимерах широко применяется в современной науке и технике, но пока еще не создана общая теория, описывающая закономерности и механизмы происходящих процессов под действием ионизирующего излучения и прогнозирования их поведения.

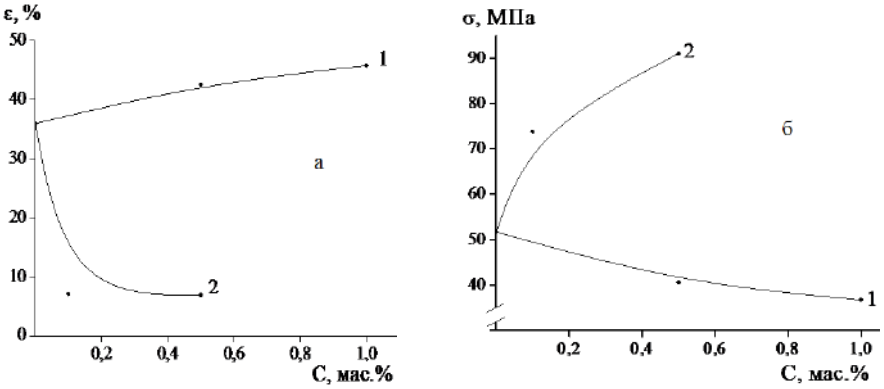
В данной работе изучено влияние различных наполнителей на физико-механические свойства ряда композиционных пленок и предложены модели разрушения.

Методика эксперимента. Объектом исследования выбраны полиимидно-композитные пленки с наполнителями в виде монтмориллонита (ММ) и мелкокристаллического порошка из ВТСП материала $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ (YBCO, при x = 0,7) с различными концентрациями второго компонента. Исследуемые образцы изготавливались методом механического смешения на основе полиимидного лака и растворов вводимого компонента по следующей схеме: в 3-х горловую колбу заливали полиимидный лак и нагревали в масляной бане при 100 ^{0}C с постоянным помешиванием. Медленно вводили в разогретый лак соответствующий наполнитель, т.е. синтезировали гомогенную смесь ПИ с наполнителем. Для получения пленки использовали стеклянную подложку, протертую спиртом и высушенную при температуре (Т) 50 ^{0}C в течение 10 - 20 мин в сушильном шкафу. На подложку поливали подогретую гомогенную смесь, формовали и сушили в сушильной камере при Т = 50 ^{0}C для создания композиции с монтмориллонитом, а для ПКМ с наполнителем из ВТСП – при Т = 100 ^{0}C.

Деформационно-прочностные характеристики материалов исследовались методом механических испытаний на растяжение на разрывной машине типа РМУ-0,05-1 со скоростью раздвижения зажимов 36,09 ± 0,05 мм/мин. Перемещение захвата, связанного с измерителем, не превышало 0,1 мм. Одноосное растяжение измерялось при постоянной нагрузке и температуре (20 ± 2) °С, относительной влажности воздуха (45 ± 5) %. Компьютеризованная установка имела соответствующее программное обеспечение в виде стандартного Windows – приложения. Измерялась зависимость относительного удлинения ε от напряжения σ (вплоть до предела прочности материала). Рабочая область образцов в виде пленок составляла 50 мм (длина), 5 мм (ширина). Толщины материалов были равны: у полиимида – 35 мкм, у композитных материалов – (70 ÷ 140) мкм.

Основные результаты. На рисунке 1 представлены зависимости относительного удлинения и напряжения от концентрации второго компонента для композитных материалов на основе полиимида. Введение в полиимид ММ-наполнителя до 1 мас.% ведет к линейному росту пластичности (на 27%), а для ВТСП-наполнителя (при увеличении концентрации до 0,5 мас.%) уменьшает относительное удлинение в 5 раз по сравнению с чистым полиимидом (Рисунок 1а).

С ростом концентрации (*C*) до 1 мас.% у композитных материалов с ММ-наполнителем наблюдается линейное уменьшение прочности на 30 %. Для КМ с ВТСП-наполнителем характерно повышение прочности на 76 % с ростом *C* до 0,5 мас. % (Рисунок 1б). Анализ проведенных исследований показал, что введение ВТСП увеличивают прочностные, но ухудшают пластические свойства.



1 – ПИ+ММ, 2 – ПИ+ $YBa_2Cu_3O_{6,7}$

Рисунок 1. Зависимости относительного удлинения (а) и напряжения (б) от концентрации второго компонента для необлученных пленок на основе полиимида

Введение ММ приводит к росту пластических свойств и ухудшению прочностных. Так как ММ – это дисперсный наполнитель и содержит межслоевую воду, при механическом воздействии происходит разворачивание глобул полиимида и выделение радикала -НОН- из наполнителя в матрицу связанный с синтезом. Увеличение концентрации наполнителя приводит к деструкции материала, так как в этом случае выделяется большее количество данного радикала, которое не успевает полностью прореагировать с макромолекулами полиимида, вызывая его разрушение. Существенное влияние оказывает концентрация вводимого наполнителя.

Деформация композитного материала (ПИ+ВТСП) складывается из деформации отдельных мелких кристаллов YBCO и полимерной матрицы. Плоскости скольжения зерен YBCO, в процессе изготовления пленок, были произвольно ориентированы в пространстве. Поэтому, под влиянием внешней нагрузки передаваемой матрицей через приграничные объемы, напряжения в плоскостях скольжения отдельных зерен YBCO будут различны. В результате деформации в отдельных зернах в плоскостях скольжения возникают максимальные касательные напряжения. Зерна будут постепенно разворачиваться и вовлекаться в процесс деформации. При этом одновременно происходят изменения форм зерен. Кристаллы YBCO приобретают вытянутую форму в направлении наиболее интенсивного течения полимерной матрицы, т.е. поворачиваются осями наибольшей прочности вдоль направления деформации. Тем самым происходит перераспределение внешней нагрузки между полимерной матрицей и мелкими кристаллами YBCO. Макромолекулы полиимида в виде волокон растягиваются в направлении течения полимерной матрицы с вытянутыми вдоль них включениями мелкокристаллических зерен YBCO, и тем самым объясняется изменение свойств композита.

Поскольку функцией процесса является деформация, а аргументом – напряжение, то наиболее корректным с точки зрения физического смысла является установление зависимости ε от σ [10]. В рамках предлагаемой модели изменение удлинения представляется в виде:

$$dl = ld\sigma/\sigma_0,$$

где l – длина образца, σ – напряжение, σ_0 – обобщенный модуль прочности. Интегрируя функцию *l* от l_0 до *l* и аргумент σ от 0 до σ, и учитывая, что деформация $\varepsilon = \Delta l / l$, получим:

$$\varepsilon = \exp\left(\frac{\sigma}{\sigma_o}\right) - 1, \quad (1)$$

причем σ_0 – это величина напряжения, при котором ε+1 увеличивается в *e*-раз. Аналогичным образом нами получена зависимость ε от σ для линейной (закон Гука) (а), параболической (б), экспоненциально-квадратичной (в) моделей:

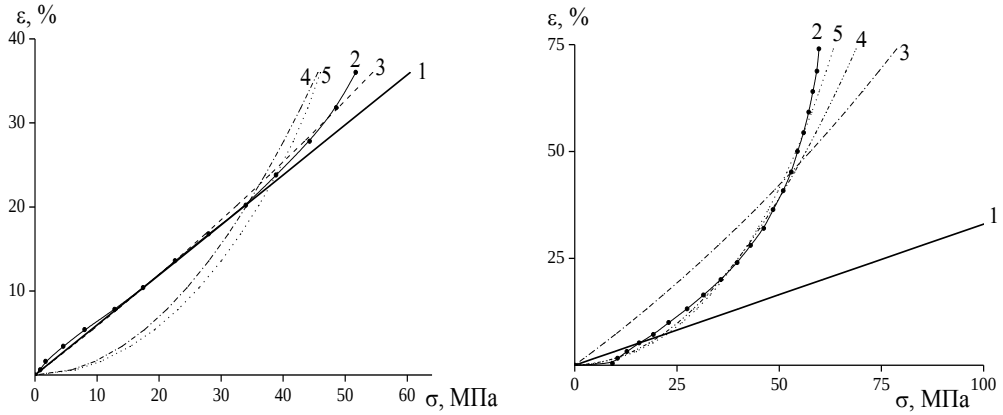
$$\text{а)}\ \varepsilon = \frac{\sigma}{\sigma_0}.\ \text{б)}\ \varepsilon = \frac{\sigma^2}{\sigma_0^2},\ \text{в)}\ \varepsilon = \exp\left(\frac{\sigma^2}{\sigma_0^2}\right) - 1, \quad (2)$$

При малых σ выражение (1) переходит в закон Гука (после разложения экспоненты в ряд, при чем σ_0 = E). В таблице 1 представлены значения σ_0 для различных моделей.

Таблица 1. Значения σ_0 для различных моделей и материалов.

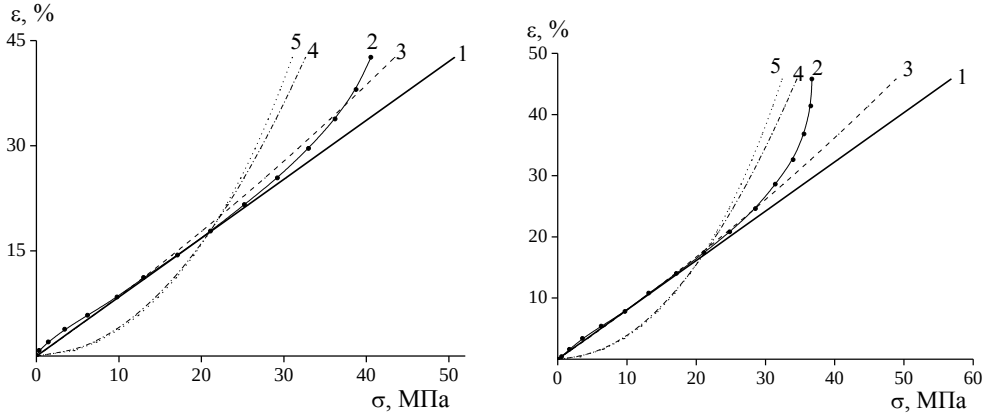
	σ_0, Гук (МПа)	σ_0, экспоненц (МПа)	σ_0, парабола (МПа)	σ_0, экспквадрат (МПа)
ПИ	168	177,01	76	84,1
ММ				
0,25мас.%	303	142,11	80	85
0,5мас.%	119	122,39	50	52,1
1мас.%	124	129,5	51	52,8
ВТСП				
0,1мас.%		57,5	45,01	61,6
0,5мас.%		49	38,1	51,4

На рисунках 2 – 4 представлены экспериментальные и расчетные зависимости ε от σ для различных моделей и композитов, полученные по формулам (1, 2) для различных концентраций второго компонента. Для необлученных композитных материалов лучшее согласие с экспериментальными данными дает экспоненциальная и параболическая модели.



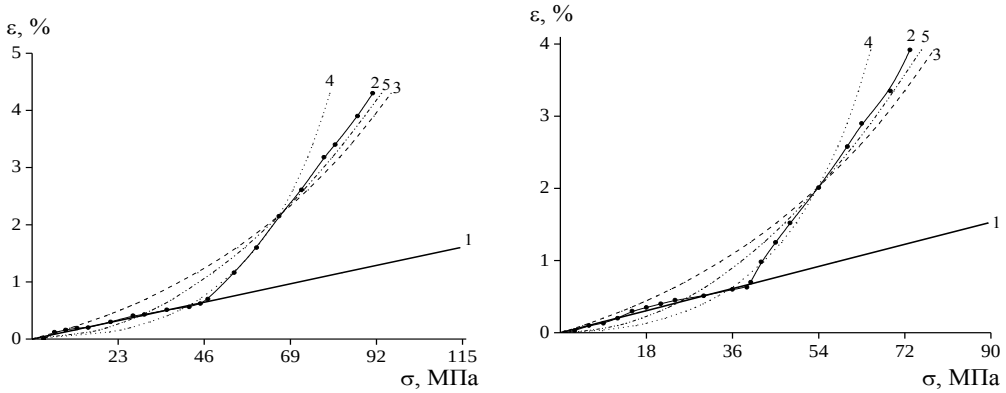
а б

Рисунок 2. Зависимости относительного удлинения от напряжения для необлученных материалов а – ПИ; б – ПИ+0,25мас.% ММ
1 – закон Гука, 2 – эксперимент, 3 – экспоненциальная модель; 4 – параболическая модель; 5 – экспоненциально-квадратичная модель



а б

Рисунок 3. Зависимости относительного удлинения от напряжения для необлученных материалов а – ПИ+0,5мас.% ММ; б – ПИ+1 мас.% ММ
1 – закон Гука, 2 – эксперимент, 3 – экспоненциальная модель; 4 – параболическая модель; 5 – экспоненциально-квадратичная модель



а б

Рисунок 4. Зависимости относительного удлинения от напряжения для необлученных материалов
а – ПИ+0,1 мас.% $YBa_2Cu_3O_{6,7}$; б – ПИ+0,5 мас.% $YBa_2Cu_3O_{6,7}$
1 – закон Гука, 2 – эксперимент, 3 – экспоненциальная модель;
4 – экспоненциально-квадратичная модель; 5 – параболическая модель

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Введение наполнителей ММ и ВТСП позволяет получать материалы с заданными свойствами. Концентрация наполнителя и особенности его внутреннего строения, а также технология синтеза определяют особенности физико-механических свойств получаемых материалов.

2. Предложены различные модели при одноосном нагружении материалов. Наилучшее согласие с экспериментом дает экспоненциальная модель.

Список использованной литературы

1 Афанасьева Н.В., Петрова В.А., Власова Е.Н., Гладченко С.В., Хайруллин А.Р., Волчек Б.З., Бочек А.М. Молекулярная подвижность хитозана и особенности его взаимодействия с монтмориллонитом в композитных пленках по данным диэлектрической и ИК-спектроскопии// Высокомолекулярные соединения. – 2014. –Т. 55, № 12. – С. 1437-1447.

2 Теплухин А.В. Упрощенный учет деформаций валентных связей и углов при полноатомном моделировании полимеров методом Монте-Карло// Высокомолекулярные соединения. – 2013. –Т. 55, № 7. – С. 911-919.

3 Под ред. Вильдемана В.Э. Экспериментальные исследования свойств материалов при сложных термомеханических воздействиях. – М.: Физматлит, 2012. – 203 с.

4 Kupchishin A.I, Taipova B.G., Voronova N.A. Study of the influence of filler on the mechanical properties of composites based on polyimide// Materials Science and Engineering 168 012015. – 2017. – P. 1 – 4.

5 Voronova N.A., Kupchishin A.I., Taipova B.G. «Nanoclusters and Electron Irradiation Effect on Mechanical Properties of Polyimide-Based Composite»// Key Engineering Materials. – 2018. – Vol. 769. – PP. 72 – 77.

6 Сорокин С.В., Терентьев А.В., Кротов Е.А. Введение в механику деформируемого твердого тела. – СПб: СПбГМТУ, 2014. – 128 с.

7 Гофман И.В., Абалов И.В., Тиранов В.Г., Юдин В.Е. Влияние углеродных наночастиц различной формы на механические свойства композиционных пленок на основе ароматического полиимида// Высокомолекулярные соединения. – 2013. –Т. 55, № 5. – С. 523-530

8 Кудайкулова С.К., Искаков Р.М., Кравцова В.Д., Умерзакова М.Б., Abadie M., Жубанов Б.А. и др. Полимеры специального назначения. – Алматы, 2006. – 310 с.

9 Комаров Ф.Ф., Купчишин А.И., Мурадов А.Д., Леонтьев А.В. Механизм изменения физико-механических свойств полиимидных композитных пленок в зависимости от концентрации наполнителя $YBa_2Cu_3O_{6+x}$// Инженерно-физический журнал. – 2013. – Т. 86, №5. – С. 1155-1162.

10 Kupchishin A.I., Taipova B.G., Kupchishin A.A. at all. Catastrophic models of materials destruction // IOP Conf. Series: Material Science and Engineering 110 012037. – 2016. – P. 1–5.

УДК 524.77
ГРНТИ 41.27.35

Ғ.Қ. Қуатхан[1]
[1]Абай атындағы ҚазҰПУ, Математика, физика және информатика институтының магистрі, Алматы қ.,Қазақстан

ГАЛАКТИКАЛАРДЫҢ КЛАССИФИКАЦИЯСЫ

Аңдатпа

Галактиканың сипаттамасын ашу мақсатында оның құрылымдық классификациясы қарастырылды. Олардың топтарын анықтау арқылы галактиканың динамикасын толық түсіндіруге мүмкіндік алынады. Сол сияқты спиральді және биформальді топтардың арасын да сол бағытта жасауға негіз бар. Эллипстік және спиральдік топтағы галактикалардың өзара ұқсастығы мен айырмашылығын салыстыру арқылы олардың жаңа деңгейдегі тобын анықтауға мүмкіндік болады. Галактикалардың құрылымының динамикасын дәл анықтай білу оның теориялық негіздемелерін аңық түсінуге мүмкіндік береді. Классификациялаудың жаңа деңгейде анықталу зерттемелері галактикалар туралы түсініктің тереңдеуіне мүмкіндік береді. Соңғы зерттеулердің нақты жүргізілген сараптамасы теориялық деңгейді жаңа сатыға көтереді. Сондықтан галактикалардың жоғары деңгейдегі теориясы нақты мағынаға ие болады. Соңғы нәтижелерді қолдана отырып, Хаббл классификациясын кейбір тұстарын нақтылау мүмкіндігін аламыз.

Түйін сөз: классификация, галактика, спираль, эллиптика, ядро, балдж, диск.

Аннотация
Г.К. Куатхан[1]
[1]Магистрант специальности «Физика» КазНПУ им. Абая, г. Алматы, Казахстан

КЛАССИФИКАЦИЯ ГАЛАКТИКИ

Была исследована структурная классификация галактик, чтобы показать характеристики галактики. Определяя их группы, можно полностью объяснить динамику галактики. Существует основание для этого в том же направлении, что и между спиральными и биформными группами. Сравнивая сходства и различия между эллиптическими и спиральными групповыми галактиками, они смогут определить новую группу уровней. Точное определение динамики структуры галактик позволяет лучше понять ее теоретические основы. Классификация классификации на новом уровне позволяет понять галактики. Фактический анализ последних исследований повышает теоретический уровень до нового уровня. Поэтому теория галактик высокого уровня имеет реальный смысл. Используя последние результаты, мы сможем уточнить некоторые из классификаций Хаббла.

Ключевые слова : классификация, галактика, спираль, эллиптика, ядро, балдж, диск.

Abstract
Kuatkhan G.K.[1]
[1]Student of Master Programme in Physics, Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

CLASSIFICATION OF THE GALAXY.

The structural classification of galaxies was studied to show the characteristics of the galaxy. Determining their groups, we can fully explain the dynamics of the galaxy. There is a basis for this in the same direction as between the spiral and bisiform groups. Comparing similarities and differences between elliptical and spiral group galaxies, they will be able to determine a new group of levels. A precise definition of the dynamics of the structure of galaxies allows for a better understanding of its theoretical basis. Classification of classification at a new level allows us to understand galaxies. The actual analysis of recent research raises the theoretical level to a new level. Therefore, the theory of high-level galaxies has a real meaning. Using the latest results, we can clarify some of the Hubble classifications.

Key words: classification, galaxy, spiral, elliptical, core, bulge , disk.

Галактикалардың морфологиялық классификациясы – астрономияда қолданылатын визуальды белгілерге негізделген галактикаларды топтарға бөлу жүйесі. Галактикаларды морфологиялық түрлерге бөлудің бірнеше сызбасы бар. Ең атақтысын Эдвин Хаббл ұсынған, кейіннен оны Жерар де Вокулер және Алан Сендидж дамытты. Галактикаларды топтастыру жұмысы 1845-50 жылдары Лорд Росс спираль үлгісі бар алғашқы тұмандықтарды ашумен бір мезгілде басталды. Дегенмен, ол кезде барлық тұмандық біздің галактикаға тиесілі деген теория үстемдік етіп тұрған еді. Бірқатар тұмандықтардың галактикалық емес екенін алғаш 1924 жылы Э.Хаббл дәлелдеді.

Осылайша, галактикалар да галактикалық тұмандықтар сияқты жіктелді. Алғашқы фотографиялық зерттеулерде спиральді тұмандық басым болды, бұл оларды бөлек топқа бөлуге мүмкіндік берді. 1888 жылы А.Робертс аспанды тереңінен зерттеп, оның нәтижесінде эллиптикалық құрылымсыз және өте ұзартылған ұршық тәрізді тұмандықтарды тапты. 1918 жылы Г.Д.Кертис қосқыш және сақина тәрізді спиральді бөлек Ф-тобына бөлді. Бұған қоса ол ұршық тәрізді тұмандықтарды бүйірден көрінетін спиральді ретінде түсіндірген. Бұрын пайдаланылған жіктемелер статистикалық зерттеулерге аз қолданылды. Жалпы алғанда, бұл әлсіз галактикалардағы суреттердегі мәліметтерді анықтау қиындықтарына байланысты болды. Сонымен қатар, Гарвард обсерваториясының негізгі жұмыс құралы 24-дюймдық (≈61 см) рефрактор еді, ал оған галактиканың егжей-тегжейлі суреттерін алу қиын болды. Бұл мәселені шешу үшін Х.Шапли 1927 жылы жаңа жіктемені ұсынды. Ол онда әлсіз галактикалардың жіктелуіне қатысты туындайтын қиындықтарды ескеруге тырысты.

Гарвардтың жіктелуіндегі барлық галактикалар 5 класқа бөлінді:

- А класы – галактикалар 12^{m}-ден жарқырайды
- В класы – 12^{m}-ден 14^{m}-ге дейінгі галактикалар
- С класы – 14^{m}-ден 16^{m}-ге дейінгі галактикалар
- D класы – 16^{m}-ден 18^{m}-ге дейінгі галактикалар
- Е класы – 18^{m}-ден 20^{m}-ге дейінгі галактикалар

Гарвард обсерваториясы күңгірттеу галактикаларды бақылай алмады, бірақ қажет болса жүйе одан әрі де кеңейе алатын еді. Галактиканың әр класы екі көрсеткішпен сипатталады: концентрциямен және эллиптілікпен. А және в – эллипстің үлкен және кіші жарты өсі, оған галактика формуласы кіреді. Ол формулаға сәйкес келетін эллиптіліктің 10 градациясы енген. Алынған нәтижелерді бүтінге дейін дөңгелектеді. Осылайша, «дөңгелек» галактика 10 эллиптілік индексіне, ал ұршық тәріздісі 1 эллиптілік индексіне ие болды. Топтау үшін орталыққа топтауда өсу бағытында a, b, c, d, e, f кіші латын әріптерімен түсіндірлетін 6 градация енгізілді. Мүмкін болған жағдайда топтау деңгейі фотометриялық түрде өлшенді, олай болмаған күнде «көз» арқылы. Егер галактикадан спиральді құрылым көрінсе, ондай галактика тобына s индексі қосылып отырды. Пішін мен топтаудың тұрақсыздығы і индексімен белгіленді. Осылайша, Df2 галактикасы – 16-18 метр диапазондағы, орталыққа аса жақын орналасқан әрі тым ұзақ күңгірт галактика, ал sAb9 дөңгелек дерлік, жарықтығы бірдей ұзындықтағы жарық спиральді галактика болып саналды. Бұл жіктеуді құру барысында топтауға енбеген нысандардың саны көп емес еді. Оларға арнайы бөлек сипаттамалар берілген. Аталған жүйені Гарвард обсерваториясы біраз уақыт өте белсенді қолданып жүрді, алайда кейін оны Хабблдың анағұрлым жақсырақ жіктеуі ығыстырды. Хаббл жүйелілігі –1926 жылы Эдвин Хаббл ұсынған морфологиялық топтау. Оған 1936 жылы өзі түрлендіру енгізген. Бұл жүйеліліктің дәстүрлі иллюстрациясы осы құралмен өзара ұқсастығы болғандықтан Камертон Хаббл атауымен белгілі еді. Хаббл өз жіктеуінде (В) көк сүзгіште экспозицияланған фотографиялық пластикадағы галактиканың сыртқы бейнесіне сүйеніп барлық галактиканы кеңейтілген 3 класқа бөлді.

- **Эллиптикалық галактикалар** орталықтан шеткіге дейінгі жарықтылықтың біркелкі төмендеуімен айырмашылығы жоқ бөлшектерсіз (бұралған, тіпті дөңгелек) тегіс эллиптикалық пішінге ие . Олар Е әрпімен және галактиканың бұрмалану индексі саналатын цифрмен белгіленеді. Осылайша, дөңгелек галактика Е0 , ал үлкенірек жартылай біреуі екіншісіне қарағанда екі есе үлкені Е5 белгілеріне ие болады. «Бұрмалану индексі» мәндері a және b – көрінетін эллипстің үлкен және кішкентай жартылай фазалары болатын формула бойынша есептеледі. Ең икемді (Е7) пішіні эллипстен айтарлықтай ерекшеленеді. Эллиптикалық галактикалар ескі жұлдыздардан тұрады және онда газ мүлде жоқ деуге болады.
- **Спиральді галактикалар** орталығында балдж деп аталатын сфералық тығыздық орналасқан жұлдыздыр мен газдардан және кеңейтілген сфералық галодан тұратын жайпақтау дисктерден тұрады. Дискінің жазықтықта негізінен жас жұлдыздардан, газдан және шаңнан тұратын жарқын жеңдері спиральді пайда болады. Хаббл барлық белгілі спиральді галактикаларды қалыпты спиральдерге (S символымен белгіленеді) және отандық әдебиетте жалғастырғыш немесе қиысқан галактика деп жиі аталатын бары бар спираль (SB) деп бөлді. Қалыпты спиральдарда спираль бұтақтары орталық жарқын ядродан тангенциалдық түрде ауытқиды және бір айналым бойына жиналады. Бұтақтардың саны әртүрлі болуы мүмкін: 1, 2, 3, ... бірақ көбінесе тек екі бұтағы бар галактикалар жиі кездеседі. Қиысқан галактикаларда спираль бұтақтары бардың соңынан тіке бұрыш жаққа қарай ығысады. Олардың ішінде екіге тең емес бірнеше бұтақтары бар галактикаларда кездеседі, бірақ негізгі массада қиылысқан галактикалар екі бұтақты спиральге ие. Спиральді

жеңдері мықты иірмектігі, ядролар мен балждар мөлшеріне байланысты a, b немесе c белгілері қосылады. Осылайша Sa галактикасына үлкен балдж бен қатты тығыз бұралған тұрақты құрылым тән болса, Sc галактикасы орташа балдж бен кішігірім спиральді құрылымға ие. Sb сыныбының тармағына қандай да бір себептермен Sa немесе Sc сынып тармақтарына жатқызуға болмайтынын жатқызады. M81 галактикасы үлкен балдж бен кіші спиральді құрылымға ие.

- **Биформалы немесе тұрақты емес галактикалар** – айналмалы симметрия мен маңызды ядродан айырылған галактика. Тұрақты емес галактикалардың тән өкілі – Магеллан бұлттары. Тіпті «магеллан тұмандықтары» деген термин де бар. Қате галактикалар әртүрлі пішіндермен ерекшеленеді, әдетте өлшемі кішкентайлығы мен газ, шаң және жас жұлдыздардың көптігінен айыруға болады. I символымен белгіленеді. Биформалы галактикалардың пішіні нақты анықталмағандықтан, олар пекулярлы галактикаларға жіктелетін. Жіктеуге келмейтін тым күңгірт галактикаларды Хаббл Q символымен белгіледі.1936 жылы спиральді галактикалар сияқты құрылымға ие **линза тәрізді галактикалар** тобы қосылды, бірақ олардың спираль құрылымы болмайды. S0 символымен белгіленеді. Линза тәрізді галактикалар бүйірінен қарағанда ол эллиптикалық қаттырақ жиырылған және қара шаң қабатының болуымен ерекшеленеді. Хаббл 1935 жылдан бастап 1953 жылы қайтыс болғанға дейін өз жүйесін жетілдіруге күш салды. Хабблдың ісін 1961 жылы Хаббл жүйелілігін қайта қарауды аяқтаған әріптесі А.Сендидж жалғастырды. Жаңартылған Хаббл жүйелілігінің негізгі жаңалығы: линза тәріздес галактикалар (S0 және SB0) қосылды. Бұл галактикалар эллипстік- спиральді өтпелі класс болып есептеледі. Олар жарқын, анық көрінетін ядроның және дискінің шегінен асып кеткен диффузиялық қабығына батырылған өткір шекарасы бар біртекті дискінінің немесе линзаның болуымен сипатталады.

Спираль бұтақтары болмайды

S0 галактикасының екі түрі бар:

• S0(1) — диск пен бұлтта құрылымы жоқтар (NGC 1201, NGC 1332);

• S0(2) — қараңғы аумақтар мен сақиналар түрінде бұлтта ұрықталған құрылымы бар. Сақинаның бүйірінен қарағанда Сатурн галактикасына ұқсап кетіп, ілмек сияқты көренеді (NGC 4459, NGC 4111).

Сонымен қатар, S0 / a өтпелі класын да ерекше атап өту керек. Бұл класс галактикасында бұлтта пайда болатын спираль құрылымы байқалады.

SB0 галактикасында линзаны қиып өтетін бар байқалады; кейде кең және анық емес, кейде тар және өткір. Бұлтта сақина пайда болуы мүмкін. Хаббл осы галактикаларды үш топқа бөлді:

• SB0 (1) – үлкен, түтіксіз, құрылымсыз бұлтпен қоршалған кең және қараңғы жолағы бар жарқын линзалар (NGC 3384, NGC 4203);

• SB0 (2) – әлсіз кең бар және бұлттағы бір сақина (NGC 2859);

• SB0 (3) – анық көрінетін бар және сақиналар (NGC 4653, NGC 5101).

Вокулер жүйесі

Вокулер жүйесі – 1959 жылы де Вокулер ұсынған Хаббл жүйесінің кеңінен қолданылатын кеңейтімі. Маунт Стромло (ағылшынша Mount Stromlo) обсерваториясында жүргізілген оңтүстік аспанның галактикаларын зерттеу жұмыстарына сүйеніп Ж.де Вокулер Хабблдің жіктемесін мұқият қайта жасауға талпынды. Де Вокулер Хаббл жіктеуінің негізгі спиральді кемшілігі галактикаларды барлары бар және жоқ деп бөлуі спиральдардың морфологиялық ерекшеліктерінің диапазонын лайықты көрсете алмайды деп көрсетті. Атап айтқанда де Вокулер сақина мен балдж сияқты спиральді галактикалардың ерекшелік құрылымдарына тоқталды. Ол өз жүйесінің негізінде галактиканы хабблдық эллиптикалық, линза тәріздес, спиральді және биформальды галактика деген хабблдық жіктеуді қалдырды. Эллиптикалық галактикан жіктеуде ешқандай өзгеріс орын алмады.

Негізгі өзгерістер спиральді, аз мөлшерде линза тәрізді және қате галактикалардың жіктелуінде өзгерістер енгізілді. Әжептәуір үлкен статистиканың жиналуы нәтижесінде бары бар галактиканың саны бары жоқ галактиканың санымен шамалас екені анықталған. Сондықтан бары жоқ галактиканы қалыпты (ағылшынша normal spirals) деу онша дұрыс емес. Де Вокулер оларды қарапайым (ағылшынша ordinary spirals) деп атай бастады да SA сиволымен белгіледі. Ал бары бар спиральді галактикалар (ағылшынша barred spirals) өзінің SB белгісін сақтап қалды. Осылайша қарапайым спиральдары бары бар спиральдерге қарағанда қалыпты болмай қалды. SA мен SB қасиеттері бар галактикалар өтпелі SAB класына жатқызылды. Нақты жіктеуге келмейтін спиральды галактикалар (көз нұрына қатты күш түсіретініне және т.б.) S символымен белгіленеді.

Хабблдың сандық жүйелілігі

Де Вокулер, сондай-ақ, оның сызбасындағы галактикалардың әр класына Т сандық мәнін берді. Мәндер -6-дан +10-ға дейін өзгереді. Галактиканың ерте түрлері теріс мәнге ие: эллипстік және линза тәрізде, ал кеш түрлер үшін жағымдылары: спиральді пен биформалы галактикаларға бөлінеді. Эллипстік галактикалар үш түрге бөлінді: ықшам (cE), қалыпты (E) және өтпелі (E +). Линза тәріздес галактикалар сонымен қатар ерте (S-), өтпелі (S0) және кеш

(S +) түрлерге бөлінеді.

1-кесте

Хабблдың сандық жүйелілігі

	−6	−5	−4	−3	−2	−1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Де Вокулердің кластарға бөлуі	cE	E	E^+	$S0^-$	$S0^0$	$S0^+$	S0/a	Sa	Sab	Sb	Sbc	Sc	Scd	Sd	Sdm	Sm	Im
Хаббл бойынша шамамен бөлінген кластар	E			S0			S0/a	Sa	Sa-b	Sb	Sb-c	Sc			Sc-Irr	Irr I	

Сандық мәндерді қолдану галактикалардың морфологиясының сандық сипаттамасын жеңілдетеді.

2-кесте

Негізгі галактика түрлері қасиеттерінің кестесі

	E	**S0**	**S**	**Irr**
Сфероидтық компонент	Бүкіл галактика	Бар	Бар	Өте әлсіз
Жұлдызды диск	Жоқ немесе нашар көрінеді	Бар	Негізгі компонент	Негізгі компонент
Газ шаңды диск	Жоқ	Жоқ немесе өте сирек кездеседі	Бар	Бар
Спиральді бұтақтары	Жоқ немесе тек ядро жанында	Жоқ немесе нашар көрінеді	Бар	Жоқ
Белсенді ядро	Бар	Бар	Бар	Жоқ
Галактикалардың жалпы санының пайызы	20 %	20 %	55 %	5 %

Қорытынды

Галактиканың сипаттамасын ашу мақсатында оның құрылымдық классификациясы қарастырылды. Олардың топтарын анықтау арқылы галактиканың динамикасын толық түсіндіруге мүмкіндік алынады. Хаббл классфикикация негізінде жасалған топтамалардың әр тармағы жаңа көзқарасты қажет етеді. Эллипстік және спиральдік топтағы галактикалардың өзара ұқсастығы мен айырмашылығын салыстыру арқылы олардың жаңа деңгейдегі тобын анықтауға мүмкіндік болады.Сол сияқты спиральді және биформальді топтардың арасын да сол бағытта жасауға негіз бар.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1 Shapley H. On the Classification of Extra-galactic Nebulae (англ.) // Harvard College Observatory Bulletin. — 1927. — No. 849. — P. 1-4.

2 Hubble, E. P. Extragalactic nebulae (англ.) // Astrophys. J.. — 1926. — Vol. 64. — P. 321-369.

3 Hubble, E. P. Realm of the Nebulae. — New Haven: Yale University Press, 1936.

4 Sandage, Allan. The Hubble atlas of galaxies. — Washington: Carnegie Institution, 1961, 1961.

5 Shapley, Harlow. Two Stellar Systems of a New Kind. — Nature, 1938. — T. 142. — C. 715-716.

6 de Vaucouleurs, G. Classification and Morphology of External Galaxies. // Handbuch der Physik. — 1959. — T. 53. — C. 275.

7 de Vaucouleurs, G. Classification of Galaxies by Form, Luminosity and Color (англ.) // Edited by George Cunliffe McVittie. Problems of Extra-Galactic Research : Proceedings from IAU Symposium no. 15.. — New York: Macmillan Press, 1962. — Vol. 53. — P. 275.

8 Zwicky, F. Multiple Galaxies // Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften. — 1956. — T. 29. — C. 344-38.

9 de Vaucouleurs, G. (1994). «Global Physical Parameters of Galaxies» (PostScript). Проверено 2008-01-02.

10 Binney J. Galactic Astronomy. — Princeton: Princeton University Press, 1998. — ISBN 9780691025650.

11 Morgan, W. W.; Mayall, N. U. A Spectral Classification of Galaxies (англ.) // Publications of the Astronomical Society of the Pacific. — 1957. — Vol. 69, no. 409. — P. 291.

12 Morgan, W. W., Keenan, P. C. Spectral Classification (англ.) // Annual Review of Astronomy and Astrophysics. — 1973. — Vol. 11. — P. 29.

УДК 539.219.3; 538.931-405
ГРНТИ 29.19.17

А.Ж. Рахымбеков [1]

[1] к.ф.-м.н., профессор Жетысуского государственного университета имени И. Жансугурова, г.Талдыкорган, Казахстан

СУПЕРИОННЫЙ ПЕРЕНОС В ТВЕРДОМ ТЕЛЕ

Аннотация

Рассмотрены уникальные транспортные свойства основных типов концентрационных суперионных ячеек на основе твердых оксидных суперионных проводников (ТОСП), в частности, из твердого оксидного суперионного проводника на основе стабилизированной двуокиси циркония. Исследованы три наиболее часто встречающиеся типы суперионных концентрационных ячеек , работающих при различных режимах: ячейка «без переноса», ячейка «с переносом без внешнего источника», ячейка для дозирования кислорода. Раскрыт широкий круг приложений стабилизированной двуокиси циркония ($ZrO_{2)}$, основанный на его феноменальном свойстве, заключающийся на ее исключительно кислородноионной сверхпроводимости при высокой температуре с помощью источника постоянного тока. Применен метод измерения электродвижущей силы (ЭДС) суперионных электрохимических ячеек из стабилизированной ZrO_2 при термодинамических измерений и газового анализа, а также при проведении кинетических и диффузионных исследований, измерении активности кислорода в расплавленном металле, измерение температуры обьекта, контроль его газопроницаемости. Стабилизированную ZrO_2 используют в качестве эталона при разработке методов измерения ионной доли проводимости оксидных керамических материалов.

Ключевые слова: твердый, оксидный, суперионный проводник, температура, ток, электродвижущая сила, концентрационная ячейка.

Аннотация

А.Ж. Рахымбеков [1]

[1] ф.-м.ғ.к., І. Жансүгіров атындағы Жетісу мемлекеттік университетінің профессоры, Талдықорған қ., Қазақстан

ҚАТТЫ ДЕНЕДЕГІ СУПЕРИОНДЫ ТАСЫМАЛДАУ

Мақалада тұрақталынған суперионды қатты екі тотықты цирконийдің негізінде құрастырылынған концентрациялық суперионды ұяшықтардың иондарды айрықша тасымалдау қабілеттері қарастырылған. Мұнда, іс жүзінде жиі кездесетін, суперионды концентрациялық ұяшықтардың үш түрі қарастырылған: “тасымалдамайтын” ұяшықтар, “сыртқы ток көзі жоқ” кезінде тасымалдайтын, оттег Key words: solid, oxide, superionic conductor, temperature, current, electromotive force, concentration cell.і молекулаларын реттеп өткізетін суперионды ұяшықтар зерттелінген.Мақалада сонымен қатар, тұрақталынған цирконийдің екі тотықты қосындысының негізіндегі суперионды өткізгіштің жоғарғы температура және сыртқы тұрақты ток көзінің арқасында, өз денесінен тек қана оттегі иондарын өткізетін феноменалды қасиеті қарастырылған.Зерттеу кезінде, тұрақталынған екі тотықты цирконийдің негізіндегі суперионды өткізгішті электрқозғалтқыш күші (ЭҚК) тәсілімен термодинамикалық және газдарды сараптау арқылы өлшеу кезінде, сонымен қатар , кинетикалық және диффузиялық зерттеуде, металлдардың балқымаларында қосылған оттегінің белсенділігін, көптеген обьектілердің температурасын және олардың газөтілімдігін тексеруге болатыны көрсетілген.

Түйін сөздіктер: қатты, тотықты, суперионды өткізгіш, температура,ток, электрқозғалтқыш күш , концентрациялық ұяшық.

Abstract

SUPERION TRANSFER IN A SOLID BODY

Rakhymbekov A.Zh.[1]

[1] Cand. Sci. (Phys-Math), Professor, Zhansygurov Zhetysu State University, Taldykorgan, Kazakhstan

Unique transport properties of the main types of concentration superionic cells based on solid oxide superionic conductors (TOSP), in particular, from a solid oxide superionic conductor based on stabilized zirconium dioxide, are

considered. The three most commonly encountered types of superionic concentration cells operating under different regimes are studied: a cell without a transfer, a cell with a transfer without an external source, a cell for dispensing oxygen. A wide range of applications of stabilized zirconium dioxide (ZrO2) is disclosed, based on its phenomenal property, which consists in its exclusively oxygen-ionic superconductivity at high temperature using a direct current source. The method of measuring electromotive force (EMF) of superionic electrochemical cells from stabilized ZrO2 during thermodynamic measurements and gas analysis, as well as during kinetic and diffusion studies, measurement of oxygen activity in molten metal, measurement of the object temperature, control of its gas permeability is used. Stabilized ZrO2 is used as a reference in the development of methods for measuring the ionic conductivity of oxide ceramic materials.

Key words: solid, oxide, superionic conductor, temperature, current, electromotive force, concentration cell.

Транспортные свойства твердых оксидных суперионных проводников положены в основу различных приложений. На перегородке из такого материала, снабженной инертными электродами и разделяющей среды с разными химическими потенциалами кислорода (рис.1.а), существует кислородная концентрационная электродвижущая сила (ЭДС), пропорциональная логарифму отношения концентраций кислорода

$$Ɛ = t_u \cdot \frac{RT}{4F} \cdot \ln \frac{P^1{}_{O_2}}{P^2{}_{O_2}} \qquad (1)$$

Здесь R – универсальная газовая постоянная, F – число Фарадея.

От формулы Нернста выражение отличается множителем «ионная доля проводимости ионного диалектрика» t_u . Такие ячейки «без переноса» используют для термодинамических исследований , для газового анализа на кислород и для измерения ионной доли проводимости оксидных диалектриков [1].

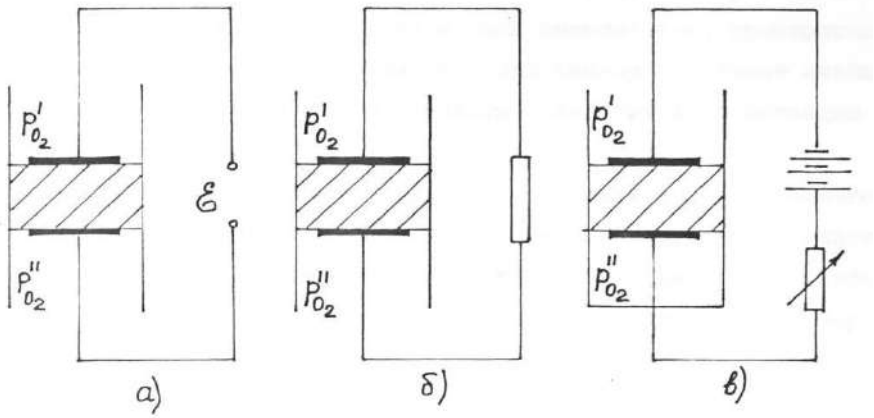


Рисунок 1. Основные типы концентрационных ячеек из ТОИП

Если в такой системе ионный диэлектрик – электронный проводник – кислородсодержащие среды электроды замкнуть на пассивную нагрузку, (рис.1.б), то в цепи потечет ток, пропорциональный логарифму отношения концентраций кислорода. Такие ячейки «с переносом без внешнего источника» используют в качестве топливных элементов.

Если через подобную систему пропускать ток от внешнего источника, то можно регулировать содержание кислорода в одном из объемов (рис.1.в). Приращение концентрации кислорода в объеме V за время τ пропорционально току, проинтегрированному за это время,

$$\Delta p = \frac{RT}{4FV} \cdot \int_0^\tau i d\tau \qquad (2)$$

Такая ячейка «с переносом от внешнего источника» представляет собой наиболее общую модель кислородного насоса – устройства дозирования кислорода с помощью твердых оксидных ионных проводников.

С середины 60-х годов стало публиковаться много работ, главным образом, физико-химиков и электрохимиков, посвященных исследованию известных и поискам новых твердых кислородноионных проводников, а также развитию их приложений. Последним, наиболее крупным обобщением явилась монография В.Н.Чеботина и М.В. Перфильева[2].

Круг приложений стабилизированной ZrO_2 расширяется. Путем измерения ЭДС электрохимических ячеек с электролитом из стабилизированной ZrO_2 , кроме термодинамических измерений и газового анализа, проводят кинетические и диффузионные исследования измерение активности кислорода в расплавленном металле, измерение температуры, контроль газопроницаемости. Стабилизированную ZrO_2 используют в качестве эталона при разработке методов измерения ионной доли проводимости оксидныхкерамических материалов[3].

Ячейки с переносом кроме топливных элементов используют в электролизерах для разложения воды и CO_2 с целью получения кислорода и водорода, для разделения изотопов кислорода, исследования стехиометрии окислов, раскисления металлов, выращивания монокристаллов VO_2 из расплава V_2O_5 , а также для электрохимической формовки ванадиевофосфатных стекол [4]. Одним из перспективных приложений «ячеек с переносом» является дозирование кислорода в газах.

В этом отношении перспективны материалы на основе оксидов IV B – примесные твердые оксидные ионные проводники (ТОИП), называемые также высокотемпературными или твердыми оксидными электролитами. Они отличаются исключительно кислородноионным переносом в широком диапазоне температур T, и парциальных давлений кислорода P. Высокотемпературную кубическую с решеткой флюорита модификацию диоксида циркония ZrO_2 стабилизируют во всем диапазоне температур добавлением катионов меньшей валентности. Недостаток заряда компенсируется активными вакансиями, по ним осуществляется перенос анионов кислорода O^{-2}.

Твердый раствор ZrO_2 +12 мол. % CaO при T = 1000^0C имеет удельную электропроводность σ =$5{,}5\cdot10^{-2}$(Ом·см)$^{-1}$ и сохраняет ионную долю электропроводности $t_u \geq 0{,}99$ вплоть до парциального давления кислорода P = 10^{-20} атм. При меньших давлений P, часть кислорода покидает решетку, заряд компенсируется электронами, растет электронная составляющая проводимости, материал электролита деградирует «восстанавливается».

На электродах перегородки из такого материала, разделяющий объемы с $P' > P_x$, существует электродвижущая сила (ЭДС) E:

$$E = \frac{RT}{4F} \cdot \ln \frac{P_1}{P_X} \qquad (3)$$

(здесь R- универсальная газовая постоянная, F – число Фарадея, T-температура окружающей среды, P^1-парциальное давление кислорода в окружающей атмосфере равное $0.21\cdot10^5$ Па, P_x – искомое давление кислорода). Это явление используют в топливных элементах, термодинамических исследованиях, газовом анализе.

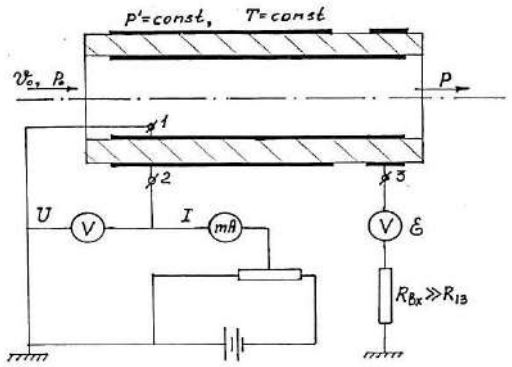


Рисунок 2. Принципиальная схема кислородного насоса

Пропуская через такую перегородку ток от внешнего источника, дозируют кислород в одном из объемов. В этом состоит принцип кислородного насоса. В случае дозирования кислорода в газовом потоке (рис.2) перегородкой служит стенка трубки, которая с одной парой электродов образует качающую (КС), с другой – измерительную секцию (КС и ИС). По трубке со скоростью ϑ пропускают инертный газ с концентрацией кислорода P^I. Значение P на выходе кислородного насоса (КН) зависит от величины тока I в цепи КС:

$$I = \frac{RT}{r4F} \cdot \ln \frac{P_1}{P_X} \qquad (4)$$

где r – сопротивление перегородки или стенки трубки кислородного насоса.

Определяют Р по величине Е, измеряемой на электродах измерительной секции (ИС):

$$P = P^0 \exp\left(\frac{-4FE}{RT}\right) \quad (5)$$

здесь P^0 – концентрация, или парциальное давление кислорода вне трубки равное $0{,}21 \cdot 10^5$Па) [5].

Создание на основе твердых оксидных суперионных проводников или твердоэлектролитных датчиков (первичных преобразователей) и систем контроля и автоматизации – одно из интенсивно развивающихся направлений прикладной физики твердого тела. Именно в этом направлении на сегодняшний день достигнут наиболее осязаемые практические результаты.

Твердоэлектролитные датчики успешно конкурируют с другими типами первичных преобразователей и находят все более широкое практическое использование. Обусловлено это тем, что эти датчики обладают целым рядом преимуществ и часто позволяют решать такие практические задачи, которые другими средствами реально решить не удается [6].

Список использованной литературы

1 Укше Е.А., Букун Н.Г. Твердые электролиты/Укше Е.А., Букун Н.Г. - М.:Наука,2015.-146 с.

2 Чеботин В.Н., Перфильев М.В. Электрохимия твердых электролитов/ Чеботин В.Н., Перфильев М.В. - М.: Химия, 2014. - 345 с.

3 Рахымбеков А.Ж. Концентрационные ячейки на основе ТОИП/ Рахымбеков А.Ж., Садуакасова Р.А., Нурбосынова Г.С.//Наука и Просвещение.- 2017.-13-ая международная научная практическая конференция.- ч.1, С.12-16.

4 Rakhymbekov A.Zh. Oxydenpump from ahardel ectrolyte / Global Science and innovation. - 2015.- Chicago, March 12-13th, p.296-298.

5 Рахымбеков А.Ж.,Уразалиев У.И., Электролитическая очистка суперионикомрасплава полупроводника. Издательство «Проблемы науки», журнал Достижения науки и образования , №2, 02.02.2017г, Москва.

6 Рахымбеков А.Ж., Курманбаев А.А.,АлмухамбетовС.С., Мухашева М.Б., Алимбекова К.Ж. Электрохимическое определение кислороде в расплаве.Издательство «Проблемы науки», журнал «Научные исследования», XIII Международная научно – практическая конференция «Научные исследования: ключевые проблемы III тысячилетия» №2(13),Стр.6-9,2017г, Москва.

УДК 620.01
ГРНТИ 50.47.29

А.С. Сарибаев[1], М.А Сарыбай[2], К.Н.Молдахметова[3]

[1] к.тех.н., доцент, Южно-Казахстанский государственный университет имени М.Ауэзова, г.Шымкент, Казахстан

[2] Магистр, преподаватель Южно-Казахстанского государственного университета имени М.Ауэзова, г.Шымкент, Казахстан

[3] Магистр, преподаватель Университета «Мирас», г.Шымкент, Казахстан

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПРОВОДНОГО УСТРОЙСТВА СВЯЗИ В СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ГЕЛИОУСТАНОВКИ

Аннотация

Рассматриваемая в статье модель системы автоматического управления гелиостатами является одной из разновидностей измерительно-информационных и управляющих систем. В отличие от других измерительных информационных систем описанная система управления гелиостатов работает только при отклонении параметров слежения в сторону максимальной допустимой. Использование на современных системах управления гелиостатами оптической системы СЭСсредства беспроводной связи между датчиками, преобразователями и промышленными логическими контроллерами является выгодным, по сравнению с прокладыванием сотни метров кабелей. Для питания предлагается снабдить каждую гелиоустановку автономным источником питания, т.к. использование автономного источника питания на солнечных батареях будет более выгоднее, чем использование централизованного питания от промышленной сети.

Ключевые слова: гелиостат, датчики, преобразователи, промышленныи логических контроллеры, беспроводной связи, сеть

Аңдатпа

А.С. Сарибаев[1], М.А Сарыбай[2], К.Н.Молдахметова[3]

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬДЫ ГЕЛИОҚОНДЫРҒЫЛАРДЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНДЕ СЫМСЫЗ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ҚҰРЫЛҒЫНЫ ҚОЛДАНУ

[1] тех.ғ.к.., доцент, М.Әуэзов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент қ., Қазақстан

[2] Магистр, М.Әуэзов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университетінің оқытушысы, Шымкент қ., Қазақстан

[3] Магистр, «Мирас» университетінің оқытушысы, Шымкент қ., Қазақстан

Мақалада қарастырылған гелиосаттардың автоматтандырылған басқару жүйесінің моделі өлшеу-ақпарат және басқару жүйелерінің сорттарының бірі болып табылады. Басқа өлшеуіш ақпарат жүйелерінен айырмашылығы, сипатталған гелиостатты басқару жүйесі бақылау параметрлері максималды рұқсат етілген бағытқа ауысқан кезде ғана жұмыс істейді. Гелиостаттардың заманауи басқару жүйелері бойынша сенсорлар, түрлендіргіштер және өндірістік логика контроллері арасында сымсыз байланыс жүйелерін пайдалану жүздеген метрлік кабельдермен салыстырғанда тиімді. Электрмен қамтамасыз ету үшін әрбір күн блогын дербес қуат көзімен қамтамасыз ету ұсынылады, Автономды күн батареяларын пайдалану өнеркәсіптік желіден орталықтандырылған электр қуатын пайдаланудан гөрі пайдалы болады.

Түйін сөздер: гелиостат, сенсорлар, түрлендіргіштер, өндірістік логика контроллері, сымсыз байланыс, желі

Abstract

APPLICATION OF WIRELESS COMMUNICATION DEVICE IN THE CONTROL SYSTEM OF EXPERIMENTAL HELIOSTATS

Saribayev A.S.[1], Sarybay M.A.[2], Moldakhmetova K.N.[3]

[1] Cand.Sci. (Engineering), Associate Professor, M.Auezov, South Kazakh State University, Shymkent, Kazakhstan

[2] Master Degree, M.Auezov, South Kazakh State University, Shymkent, Kazakhstan

[3] Master Degree, "Miras" University, Shymkent, Kazakhstan

.

System of automatic control of heliostats considered in the article is one of the varieties of measuring-information and control systems. Unlike other measuring information systems, the described heliostat control system works only when the tracking parameters deviate towards the maximum allowable one.

Use of wireless communication systems between sensors, converters and industrial logic controllers on modern control systems of heliostats is advantageous, compared to laying hundreds of meters of cables.

For power supply it is proposed to supply each solar unit with an autonomous power source, use of an autonomous solar power source will be more beneficial than using a centralized power supply from an industrial network.

Key words: heliostat, sensors, converters, industrial logic controllers ,wireless communication systems, network

Термодинамические СЭС башенного и параболоцилиндрического типа на сегодня являются дорогостоящими системами производства электроэнергии и тепла. Причина этому является то, что стоимость оптических систем составляют 60…80% от общей стоимости этих электростанций. К тому же необходимо добавить не малые постоянные затраты на обслуживания (потребление электроэнергии на позиционирования, затраты на чистку и ремонт).

Несмотря на описанные проблемы исследователи многих стран Европы, Китая и США работают над снижением стоимости производства электроэнергии и тепла на перечисленных выше СЭС. И на сегодня определены перспективные направления для решения выше перечисленных проблем:

- применение легких, прочных и коррозийное устойчивых материалов к окружающей среде;
- оптимизация размеров за счет новых конструкции и расположения гелиостатов с целью уменьшения занимаемой площади земли и эффективного использования солнечного излучения на этой площади;
- применение централизованных систем слежения;
- отказ от сигнальных и кабелей питания, подводящие каждому гелиостату;
- максимальное снижение электроэнергии на позиционирование гелиостатов.

Разработка моделей оптических систем построенных на базе экспериментальных установок беспилонного плоского гелиостата и параболоцилиндрического концентратора с целью анализа их эффективности использования в различных условиях и на основе полученных результатов исследования создание высокоэффективных комбинированных и мобильных солнечных экспериментальных установок.

Способ достижения цели работы основывается на изучении существующих оптических систем, используемые материалы и конструкции гелиостатов на действующих термодинамических

солнечных электростанций (СЭС) башенного и параболоцилиндрического типов. Проведение исследовательских работ для разработки принципиально новых конструкций экспериментальных беспилонного и параболоцилиндрического гелиостатов с применением новых композиционных материалов и систем позиционирования. На базе разработанных экспериментальных установок создание программно-имитационных моделей двух оптических систем. Эти модели позволят определить технические параметры оптических систем для различных мощностей термодинамических СЭС, проведения инженерно-технических расчетов с целью получения данных для разработки эскизно-теоретических проектов на строительства этих электростанций [1-4].

Задача определения точности в программных системах слежения (ПСС), также и в системах слежения оптическим датчиком (ОСС) заключается в определение угла рассогласования между Солнцем и оптической осью в концентраторах или заданным направлением отражения в гелиостатах.

В ОСС этот угол непосредственно фиксируется оптическим датчиком (ОД), который дает сигнал на отработку угла рассогласования, причем в ОСС из-за наличия обратной связи происходит и компенсация погрешностей привода и положения осей вращения. Т.е. при слежении с помощью ОСС требований к неточностям привода и положению осей вращения практически не предъявляется. В работеПСС программа управления вычисляет угловое положение Солнца в системе координат, связанной с концентратором (или гелиостатом) - определяются угловые координаты Солнца, на основе которого программно определяются углы поворота гелиостата (углы поворота концентратора равны угловым координатам Солнца в одной СК), в приводы дается сигнал на отработку этих углов. т.е. ПСС не "видит" Солнца и вследствие этого не происходит компенсации погрешностей привода и осей вращения и соответственно и погрешностей алгоритма управления. Но здесь также, как видно необходимообратная связь по контролю углов поворота концентратора или гелиостата[5-8].

Внастоящее время функционирующиецентрализованные системы контроля гелиостатных установок выполняет управления всем полем гелиостатов из операторского помещения.Централизованная система управления автоматизации на примере солнечных электростанций (СЭС)включает в себя функции обратной связи и контроля ориентации каждого гелиостата.

При управлении полем гелиостатов СЭС управляющие команды (определенные коды аналоговых или цифровых сигналов) передаются последовательно, в группе или в отдельности каждому гелиостату: начало работы, движение, остановка, конец работы и возврат в исходное положение. К гелиостатам команды управления (электрические сигналы) передаются по сигнальным, а питание по силовым кабелям. Путем введения определенной системы кодирования сигналов и адресации приемников достигается однозначное управление соответствующим гелиостатом. Точность управления гелиостатами в основном будет определяться точностью работы автоматической системы управления.

Централизованной системы автоматического контроля и управления, котораяосуществляет управление от первичной системы непрерывными сигналами или импульсами, посылаемыми через определенные промежутки времени в зависимости от положения Солнца на небосводе. При этом команды управления должны формироваться в первичной системе управления.

В случае применения указанной схемы автоматизированной системы управления (АСУ) оптическими СЭС на каждом гелиостате должны быть установлены по два электропривода для обеспечения зенитального и азимутального вращении с соответствующими редукторами и четыре датчика положения для точного наведения (на каждом гелиостате).

Рассматриваемая система автоматического управления гелиостатами является одной из разновидностей измерительно-информационных и управляющих систем, которые представляют собой комплекс измерительных устройств и средств обработки информации. Характерным является то, что они предназначены для получения непосредственно от управляемого (контролируемого) объекта информацию о значениях рабочих параметров, характеризующихся состоянием "наведен", либо "имеется рассогласование". Поэтому такие системы управления должны быть функционально связаны с управляемым объектом и принимать информацию непосредственно от объекта (от групп гелиостатов).

Для систем автоматического управления оптическими СЭС с большим количеством гелиостатов особое значение имеет вопрос о передаче информации на расстояние, т.е. о каналах связи.

Автоматическое устройство управления всеми гелиостатами оптической системы СЭС имеет дело с сигналами, передающими на расстояние информацию по проводам (каналам связи). Главные их

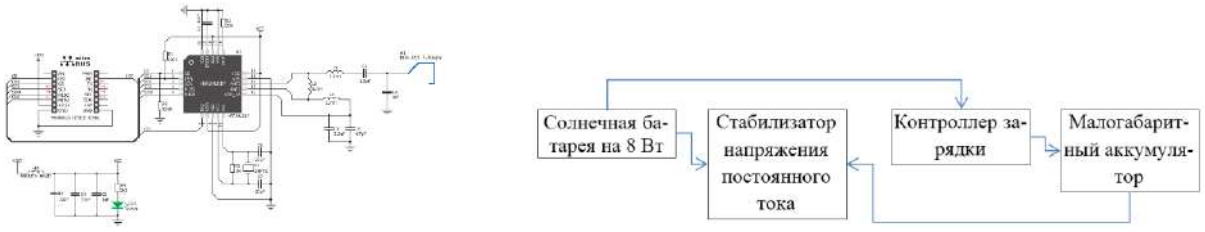
задачи - эффективность и надежность связи, т.е. передача наибольшего количества информации наиболее экономичным способом при наименьших искажениях, обусловленных влиянием всевозможных помех, вносимых самими каналами связи или другими причинами.

Для поочередного управления вращением отдельных групп гелиостатов командные сигналы управления должны быть переданы по каналу связи с определенной последовательностью. Эту функцию может выполнять многоканальная система с временным распределением каналов. При построении многоканальных систем значения управляемых величин представляют обычно каким-либо унифицированным параметром, например, напряжением постоянного тока, сопротивлением и т.д. Для передачи значений унифицированный параметр по каналу связи преобразуется в промежуточный параметр, при котором обеспечиваются наименьшие погрешности, возникающие в результате непостоянства параметров канала связи или помех. На принимающем пункте промежуточный параметр преобразуется в постоянный ток или иные сигналы, обеспечивающие возможность регистрации значений управляемых величин или их воспроизведения [8].

Аналогичная задача была рассмотрена в разработке системы программного управления гелиостатами БСП, которой в азимутальном и зенитальном редукторах привода гелиостата были установлены угломерные датчики с шагом около 36угл.сек. Эти датчики контролировали углы поворота гелиостата по азимуту и зениту. Были проведены экспериментальные исследования работы этих датчиков. Схема эксперимента имела вид – гелиостат переводился в режим слежения с помощью оптического датчика, при этом углы поворота определялись по угломерному датчику, которые далее во времени сравнивались с расчетными углами поворота. На основе полученных данных была проведена оценка действительных угловых отклонений углов поворота гелиостата по азимуту и зениту с их расчетными значениями. Было получено, что различие между углами не превышает 1-2 угл.мин, был сделан вывод, что это говорит и точности программного слежения [5].

Разработаннойнами в системе контроляэкспериментальной гелиоустановкиобмен данными между управляющим ПК и управляющим микроконтроллером двух осевым ОПУ осуществляется по беспроводной связи приемо-передатчика на базе микросхемы nRF24L01Pкомпании MikroElektronika. На ЖКД микроконтроллераотражаются горизонтальные и вертикальные координаты положения гелиоустановки.

Приемо-передатчик беспроводной связи на базе микросхемы nRF24L01P(Рисунок2а)позволяет передавать как аналоговые, так дискретные сигналы на расстояние до двух километров. Скорость передачи и приема 10 мБит/сек, частота работы передатчика 2,8 мГц, питание 5 В. Экспериментальная гелиоустановка снабжен ОПМ, электронным устройством управления двигателями ОПУ и беспроводным приемником и передатчиком. Для питания их постоянным током предлагается снабдить каждый гелиостат автономным источником питания. Данный источник питания (ИП) состоит из следующих блоков, приведенных на рисунке 1б.



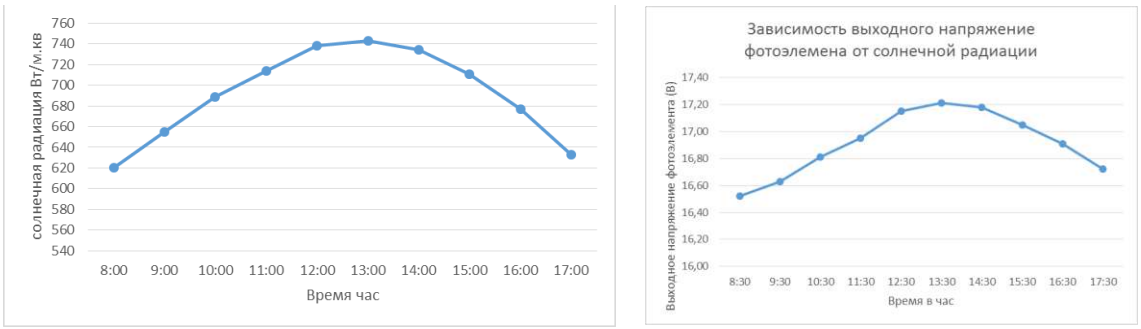
а) б)

Рисунок 1. а) Принципиальная схема беспроводного устройства, б) Структурная схема автономного источника питания постоянного тока

Использование автономного ИП на солнечных батареях на наш взгляд будет более выгоднее, чем использование централизованного питания от промышленной сети. Следует отметить, данный автономный ИП предназначен для питания нескольких рядом стоящих гелиостатов небольших размеров. Для экономии электроэнергии вырабатываемой автономным ИП, управление n-группой гелиостатами и i-ым гелиостатом в n-ой группе осуществляется последовательно. Например, автономный ИП питает пять гелиостатов (рисунок 4). Ко всем электронным устройствам контроля и управления пяти гелиостатов подключен автономный ИП, но только двигатели всех ОПМ отключены от ИП, и каждый n_i двигатель ОПМ подключается к ИП в момент выполнения функции наведения, ручного управления, установки исходного положение после обслуживания или ремонта, установки на

позицию следующего утра и установки в определенное положение в период экстремальных погодных условий, последовательно. Таким образом, с использованием автономного ИП принципиально меняются способы контроля и управления [7-9].

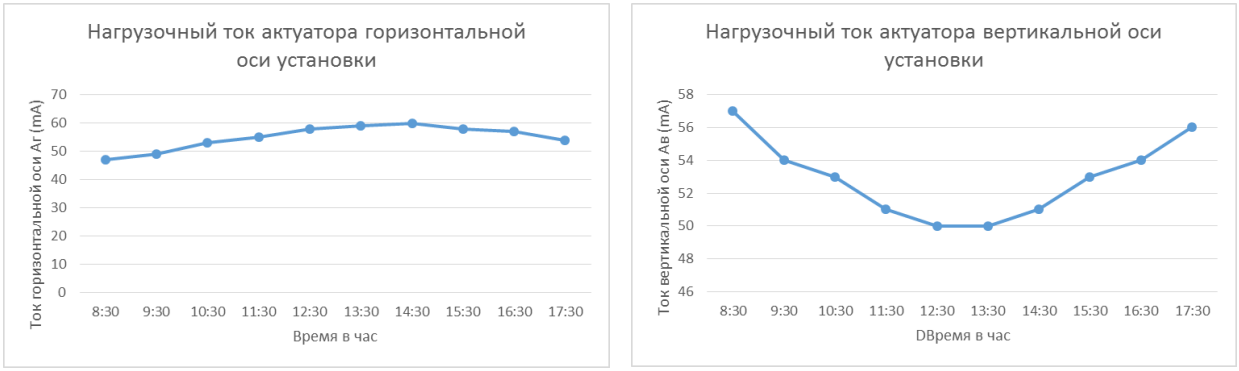
Ниже на рисунке 2 представлен экспериментальные данные и график изменения солнечной радиации в течение светового дня (с 8^{00} по 17^{00}) на 21 августа 2017 года. Измерение проводили с помощью сенсоров инфракрасного, прямого и рассеянного излучения метеостанции компании Davis.



а б

Рисунок 2. а) Данные солнечной радиации на 21.08.2017 года, б) Зависимость выходного напряжение солнечных батареи от солнечной радиации

Измерение нагрузочных токов актуаторов горизонтальной и вертикальной осей экспериментальной гелиоустановки при автоматическом слежении за солнцем проводили с помощью станции NIELVIS.Результаты измерения представлены на рисунках 4а и 4б



а) б)

Рисунок 3. Нагрузочный ток актуатора,а) горизонтальной и б) вертикальной оси установки в течение светового дня

В полден нагрузочный ток актуатор по горизонтальной достиг 60 mA и ток актуатора по вертикали уменьшается до 50 mA.В период слежении за солнцем экспериментальной установки, параллельно проводили измерение выходного напряжения фотоэлементов солнечной батареи. Максимальное напряжения фотоэлементов достигло в полден, когда солнечная радиация была 740 Вт/м^2 17,2 В.

Как видно из графиков, основная нагрузка на ОПМ происходит, когда солнце переходит в период максимального зенитального стояния. Именно в этот период скорость движения Солнца максимальное.

С развитием сетевых и телекоммуникационных технологии широко используют на современных АСУТП средства беспроводной связи между датчиками, преобразователями и промышленными логическими контроллерами. Данные устройства малогабаритные и могут встраиваться непосредственно в первичные средства автоматизации. Эти устройства недорогие и их использование выгодно, по сравнению с прокладыванием сотни метров кабелей. Поэтому для снижения стоимости и затрат на приобретение и прокладывание сигнальных кабелей предлагается использовать недорогие,

но эффективные беспроводные устройства[18-20].

В оптической системе СЭС башенного типа связь с верхним уровнем системы автоматизации осуществляется через сеть сигнальных кабелей. Питание гелиостатов подается по сети силовых кабелей. Силовые и сигнальные кабели прокладываются в специальных коробах, лотках и траншеях. В настоящее время стоимость кабелей и затраты на их прокладку весьма ощутимы и составляют 10% от стоимости всей СЭС.

В отличие от других измерительных информационных систем описанная система управления гелиостатов работает только при отклонении параметров слежения в сторону максимальной допустимой. Таким образом, в рассматриваемой схеме операция сравнения полученных параметров с заданными осуществляется значительно проще.

Список использованной литературы

1 Abdurakhmanov A., Saribayev A.S., Akbarov P.Y., Fayzeyev S.A., Klitshev Sh.I., Abdel-Majid A.A., Abdel-Salam A.F.The High Temperature Solar Furnace of Tabbin Institute for Metallurgical Studies, Ministry of Industry and Technological Development, ARE. Bulletin-TIMS, Egypt, Cairo, July 2003, Volume 82, pp.57-68

2 Abdurakhmanov, A.A., Akbarov, R.Yu.,Saribayev, A.S Faiziev, Sh.A., Riskiev, T.T., Klychev, Sh., Abdel-Salam, A.F.Experience gained in the development of small-scale high-temperature solar units. Journal Applied solar energy, 2004, vol. 40, №1, pp.26-30

3 Saribaev A.S., Abdurakhmanov A.A., Orlov S.A., Fazilov Kh.K. The influence of the nonverticality of the azimuthal rotation axis of the concentrator (heliostat) on program tracking accuracy. Appl. Solar Energy, 2010, vol.46, №4, pp.313-315

4 Saribayev, A.S., Akbarov R.Yu., Kratenko M.Yu., Sarybay M.A. Distributed control system heliostats of the 1000 kW big solar furnace. Scientific technical journal. Scientific technical journal Industrial Technology and Engineering, 2012, №4(5), pp.34-41

5 СарибаевА.С., Сатыбалдиева Ф.А. Сарыбай М.А. Култас А.К. Принципы управления ориентацией солнечных гелиоконцентрирующих систем.Вестник Казахстанско-Британского технического университета, Алматы, 2014, №3 (30), с.80-84

6 Сарибаев А.С., Исмаилов С.У., Сатыбалдиева Ф.А., Мусабеков А.А., Исмаилова А.С.Электронная схема системы слежения за движением солнца на базе pic микроконтроллера для управления опорно-поворотным механизмом гелиостата.Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан, Алматы, 2016, №3, с.66-71

7 Сарибаев А.С., Клышев Ш.И, Абдурахманов А.А., Бахромов С.А., Клышев З.Ш. Способ определения невертикальности азимутальной оси вращения. Патент на изобретение (Узбекистан), № IAP04953, 2014

8 Сарибаев А.С.Устройство оценки параметров опорно-поворотного механизма гелиостатной установки.Патент на изобретение (Казахстан), № 98791, 2016.

9 Saribayev A.S.,Satybaldiyeva F A, Beyer D., Development of methods for determining the tracking software systems accuracy, application of a wireless communication device and self-contained power supply in heliostat units with centralized monitoring and control system. JournalComputerModelling&NewTechnologies 2017, 21(1),pp.13-19

УДК 536.7
ГРНТИ 30.17.35

A.B. Toleukhanova[1]

[1]PhD student, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

A REVIEW OF THERMAL ENERGY STORAGE PROCESSES WITH A FOCUS ON ADSORPTION ENERGY STORAGE

Abstract

Considering the decline of conventional fuel reserves, it can be predicted that alternative energy solutions will become global in the future. Energy saving is one of the most promising technologies. This is due to the fact that it allows you to use the available energy later. The authors studied the types of storage of thermal energy, their features, advantages and disadvantages. There are several power plants in the buildings: heating, ventilation, hot water supply, air conditioning, etc. One of the most effective ways to reduce the use of traditional energy sources in these enterprises is using of alternative energy sources. Including the sun, as it is the main source of thermal energy. However, the

dependence of solar energy on many substances can not provide sufficient energy at the same time that it is not an effective storage device for the above facilities. The storage of thermal energy can be classified as short-term and long-term. The results of the research show that seasonal storage can satisfy 50-70% of annual heat demand, and daily storage only 10-20%. Seasonal types of heat storage include energy savings due to adsorption and chemical potential. These types of storage facilities have not yet been extensively studied in accordance with the weather peculiarities in Kazakhstan and international importance.

Key words: thermochemical heat storage**,** solar energy, thermal energy storage, adsorption.

Аңдатпа

А.Б. Толеуханова [1]

[1]PhD студент, әл-Фараби атындағы қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

АДСОРБЦИОНДЫ ЭНЕРГИЯНЫ САҚТАУ ЖҮЙЕСІНЕ МӘН БЕРЕ ОТЫРЫП ЖЫЛУ ЭНЕРГИЯСЫН САҚТАУ ПРОЦЕССТЕРІНЕ ШОЛУ

Дәстүрлі отын қорының төмендеуін ескере отырып болашақта баламалы энергетикалық шешімдер жаһандық болады деп болжауға болады. Энергия үнемдеу - ең перспективалы технологиялардың бірі. Бұл қол жетімді энергияны кейінірек пайдалану мүмкіндігімен байланысты. Автор жылу энергиясын сақтау түрлерін, олардың ерекшеліктерін, артықшылықтары мен кемшіліктерін зерттеді. Ғимараттарда бірнеше электр станциялары бар: жылу, желдету, ыстық су, ауаны баптау және т.б. Осы кәсіпорындарда дәстүрлі энергия көздерін пайдалануды азайтудың ең тиімді әдістерінің бірі баламалы энергия көздерін пайдалану болып табылады. Күн жылу энергиясының негізгі көзі болып табылады. Дегенмен, күн энергиясының көптеген заттарға тәуелділігі жоғарыда аталған қондырғылар үшін тиімді сақтау құрылғысы болмаған кезде жеткілікті энергияны қамтамасыз ете алмайды. Жылу энергиясын сақтау қысқа мерзімді және ұзақ мерзімді деп жіктелуі мүмкін. Зерттеудің нәтижелері маусымдық сақтау жыл сайынғы жылу сұранысының 50-70% -ын қанағаттандыра алады, ал күнделікті қойма 10-20% ғана. Жылу сақтаудың маусымдық түрлеріне адсорбция және химиялық әлеует есебінен энергия үнемдеу жатады. Қазақстандағы ауа-райының ерекшелігіне және халықаралық маңызға ие сақтаудың бұл түрлері әлі күнге дейін кеңінен зерттелмеген.

Түйін сөздер: термохимиялық жылуды сақтау, күн энергиясы, жылу энергиясын сақтау, адсорбция.

Аннотация

А.Б.Толеуханова[1]

[1]PhD студент, Казахский национальный университет им.аль-Фарби, Алматы, Казахстан

ОБЗОР ПРОЦЕССОВ ХРАНЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С ФОКУСОМ НА ХРАНЕНИЕ ЭНЕРГИИ АДСОРБЦИИ

Учитывая сокращение традиционных запасов топлива, можно предсказать, что альтернативные энергетические решения станут глобальными в будущем. Энергосбережение - одна из самых перспективных технологий. Это связано с тем, что он позволяет использовать доступную энергию позже. Автор изучил типы хранения тепловой энергии, их особенности, преимущества и недостатки. В зданиях есть несколько электростанций: отопление, вентиляция, горячее водоснабжение, кондиционирование воздуха и т. д. Одним из наиболее эффективных способов сокращения использования традиционных источников энергии на этих предприятиях является использование альтернативных источников энергии. Включая солнце, так как оно является основным источником тепловой энергии. Однако зависимость солнечной энергии от многих веществ не может обеспечить достаточную энергию в то же время, что она не является эффективным устройством хранения для вышеуказанных объектов. Хранение тепловой энергии можно классифицировать как краткосрочную и долгосрочную. Результаты исследования показывают, что сезонное хранение может удовлетворять 50-70% годового спроса на тепло и ежедневное хранение всего 10-20%. Сезонные типы хранения тепла включают экономию энергии за счет адсорбции и химического потенциала. Эти типы хранилищ еще недостаточно изучены в соответствии с особенностями погоды в Казахстане и международным значением.

Ключевые слова: термохимическое хранение тепла, солнечная энергия, хранение тепловой энергии, адсорбция.

Introduction

Increasing of energy usage is due to many factors, including population growth and welfare growth. More than 80% of the using energy is derived from natural gas, oil and coal [1]. Consequently, carbon dioxide emissions around the world are growing every day, and this pollutes environment and leads to global warming. In addition, these fuel sources are non-renewable and constantly depleted.

To reduce the impact on the environment, renewable energy sources are being studied. Renewable energy sources allow potentially affecting and upgrading modern technologies.

Renewable energy sources are promises to be safe solution for health and environment. The main problem remains the development of technologies that effectively use renewable energy sources. The International Energy Agency anticipates global energy savings in renewable energy at a combined rate of 28% to 2021 years. One more time will be developed technologies, allowing to solve the main problem of the "green energy" - effective use of energy. The problem of accumulation of energy is now one of the key for the entire world energy. Modern technologies can help to ensure that the production of generic generators is limited, but economically effective technologies are safeguarded, and it limits the potential for transformation of the sector. Specialists believe that the energy saving industry will be parallel to the energy - efficient industry. The solar power plant effectively runs only at light of the day and cloudless sky, and it is necessary to compensate for the damage. It is a great way to get the energy you need, with the help of the system and save it to the past and spend it during the evening and morning peaks of consumption. There are many methods and systems of storage of thermal energy. Many heat storage systems have been developed but not widely used. There are a number of problems and objectives in this area that need to be addressed:

- Identify, design and develop new materials and composites
- Improve performance, stability, and cost-effectiveness
- Develop multi-scale numerical models
- Develop measuring and testing procedures
- Develop and demonstrate novel storage systems
- Assess the impact of new materials on systems performance
- Disseminate the acquired knowledge and experience
- Create an active and effective research network

Thermal energy storage

In recent years, the development of renewable energy sources has made significant progress. Solar energy, as an environmentally friendly, inexhaustible and affordable energy resource, has extensive research and numerous applications around the world. However, one of the long-standing barriers to solar energy technology lies in the apparent inconsistency between energy supply and consumption. Thus, energy storage is an important way to solve the problem of non-compliance.

The idea of storing thermal energy (TES) was first mentioned and investigated to solve the energy shortage crisis in the 1970s. With the help of energy storage, intermittent solar energy is able to satisfy all the demands of time or seasonal limitations [2]. The energy storage can be classified for short-term storage and long-term storage, depending on the duration of storage [3]. Thermal storage plays a crucial role in synchronizing supply and demand for energy on both short and long-term basis. This is a key priority, especially in the area where a compact building level is required [4]. In many developed countries, the construction sector is one of the largest end-use sectors, which represents a significant proportion of total energy consumption than industry and transport [5]. The construction sector accounts for approximately 50% of the world's final energy use [6], where residential buildings account for approximately 30% of total use [7]. Thermal storage systems are used when using intermittent energy sources or when there is a discrepancy between consumption of thermal energy and energy consumption [8]. In addition, they can be used to extract exhaust gases from industrial processes or internal combustion engines for several purposes, such as space heating or air conditioning [9].

Currently, there are three main types of storage technology for thermal energy: 1. Sensitive heating storage (SHS); 2. Latent heating storage (LHS); 3. Thermochemical heating storage (THS) [10]. Thermal storage systems have the same basic principles. Excess energy is stored in the system. The main variations of the thermal energy storage systems used are the scale and the storage method used. The three main steps required for thermal energy storage systems; charging, storage and discharge shown in Fig. 1 are repeated in a cyclic process. Ql is the loss of heat to the environment, which can occur in any of the three phases. The application of this technology includes space heating, hot water heating and cooling. Storage of thermal energy can be achieved by cooling, heating, melting, solidifying, evaporation or passing other thermochemical processes in the system. The choice of a suitable thermal energy storage system depends on many factors [11]:

- shelf life
- economy
- requirements for supply and demand temperature
- storage capacity

– heat loss
– available space

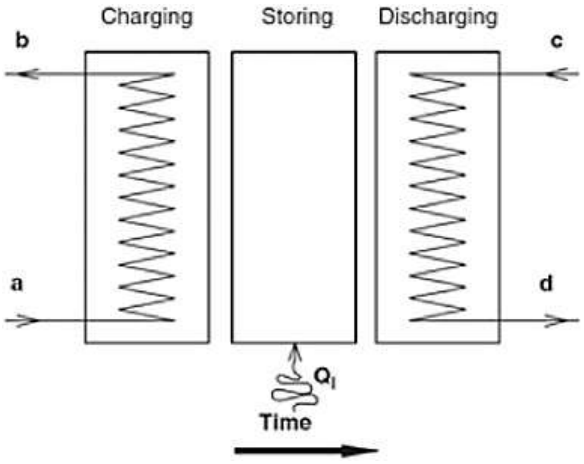


Figure 1. The main principle of thermal energy storage systems

Although SHS and LHS systems have been widely studied and used, thermochemical storage systems (THS) are currently experiencing a surge in research and development. The main advantage of the THS system is that it allows the useage of a seasonal solar storage that is difficult to perform with SHS or LHS systems due to heating loss. Recent studies show that THS has significant advantages over other types of storage, such as high storage density and low temperature losses. THS materials have a storage density of more than 8-10 times compared to SHS and are twice as high compared to LHS materials. Essentially, THS materials can store heat for a long time and without loss if they are sealed. In these systems, heat is generated only if water vapor is intentionally allowed. This particular aspect allows you to more widely and more flexibly use THS. Due to the advantages mentioned above, THS has become a widely researched technology for seasonal energy storage. Fig. 2 illustrates a comparison of the energy densities of some high-energy storage materials.

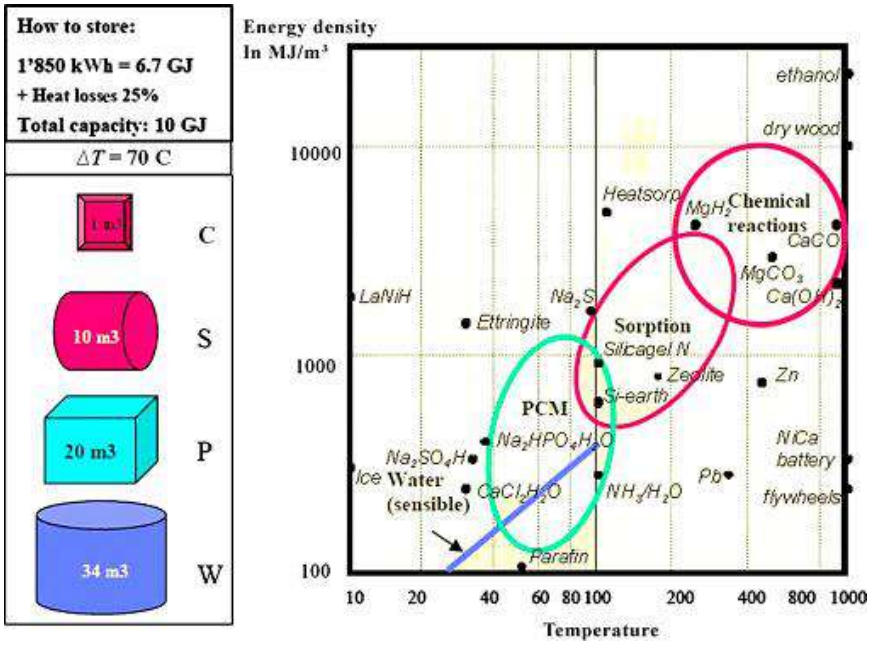


Figure 2. Comparison of energy storage densities of energy storage methods

The effective performance of a THS system depends on several design parameters are all very important for achieving a high system temperature lift, ΔT:

•THS material
•Ambient psychrometric conditions where the storage system will be used
•Process design
•Reactor design
Advantages and disadvantages of various SHS, LHS and THS are comparatively illustrated in Table 1

Table 1. Comparison of different heat storage systems

Type of thermal energy storage			
	Sensible heat storage	Latent heat storage	Thermochemical heat storage
Temperature range	– Up to: 110 °C (water tanks) – 50 °C (aquifers and ground storage) – 400° (concrete)	– 20–40 °C (paraffines) – 30–80 °C (salt hydrates) (High temperature PCMs were not included)	– 20–200 °C
Storage density	– Low (with high temperature interval): 0.2 GJ/m^3 (for typical water tanks)	– Moderate (with low temperature interval): 0.3–0.5 GJ/m^3	– Normally high: 0.5–3 GJ/m^3
Life time	– Long	– Often limited for storage material cycling	– Depends on reactant degradation and side reactions
Advantages	– Low cost – Reliable – Simple application with available materials	– Medium storage density – Relatively low volume requirement – Short distance transport possibility	– High storage density – Low heat loses (storage at ambient temperatures) – Possibility of charging in summer (high solar fraction) – Long storage period – Long distance transport possibility – Highly compact energy storage
Disadvantages	– Significant heat loss over time (depending on level of insulation) – Large volume and space needed – Charging in summer (seasonal storage) increase heat loss. – Charging in winter (short term storage) decreases solar fraction	– Low heat conductivity – Corrosivity of materials – Significant heat loses (depending of level of insulation) – Charging in summer (seasonal storage) increase heat loss. – Charging in winter (short term storage) decreases solar fraction	– High capital costs – Technically complex

Thermochemical energy storage systems include thermochemical reactions and sorption processes that receive energy through thermal supply. In thermo-chemical reactions, energy is stored through a reversible reaction and then recovered when the reaction is reversed. Although chemical reactions can provide high energy densities, they often require a catalyst to release the heat and control the reaction, and thus these are not always desirable. The physical process of sorption in general is characterized of the take-up and accumulation of one material by means of a second material. The aggregate state of the second material is solid or liquid. The accumulation of a material on a surface is called adsorption. In the case of the accumulation in the liquid phase the process is called absorption. The adsorption processes can be classified into two categories: physisorption and chemisorption. Physisorption is mainly a result of van der Waals forces acting between the adsorbate and the adsorbent. Chemisorption involves chemical bonds from valence

forces, which are more difficult to break and sometimes irreversible [12]. Further in this paper we will consider physisorption.

The characteristics of an ideal adsorbent include: High energy efficiency, High energy density, High heat of adsorption, High affinity between adsorbent and adsorbate, High adsorbent capacity, Low temperature of desorption, Non-corrosive materials, High heat transfer rate in the system during adsorption

Research is ongoing to determine suitable materials and systems that meet the requirements of an adsorption thermal energy storage system.

Adsorption storage prototypes

In the framework of the Monosorp project, the Institute of Thermodynamics and Heat Engineering (ITW) in Stuttgart in Germany participated in the development of an adsorption energy storage system. Schematic diagram of the system is shown in Figure 3. Regeneration of the adsorbent is carried out using hot air from the solar collector at a temperature of 180 to 190 ° C, which removes water from the zeolite and thus charges the system while maintaining the applied energy until it will be necessary [13]. For this system, an energy density of 160 kWh / m3 was reported. Then the energy obtained during adsorption was used for heating. The disadvantages of the system were the limited discharge rate caused by the natural water content in the building and the high regeneration temperature above 150 ° C, which makes this idea more difficult to implement in large-scale applications.

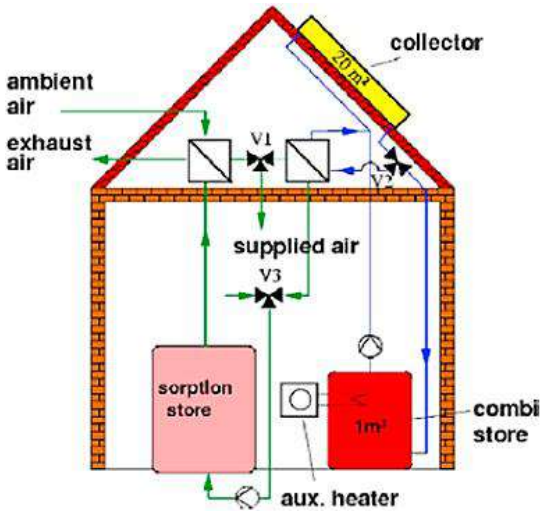


Figure 3. Demonstration plant developed by ITW

The proposed heat adsorption system applied to the DHW (domestic hot water) solar thermal system is schematically shown in Figure 4 [14]. It consists of a typical tank for storing hot water with an adsorber immersed in it. This adsorption unit is connected to a condenser mounted on the bottom of the tank (immersed in a cold water pre-heating tank), which in turn is connected to an evaporator located outside the reservoir (contacting ambient air), forming a closed circuit. Valve V1 separates the adsorber from the condenser, the second valve V2 separates the condenser from the evaporator, and the third valve V3 separates the adsorber from the evaporator. The entire adsorption circuit must be completely sealed and in conditions of moderate vacuum, as required by the selected working steam. The standby heater heats the water out of the DHW tank when its temperature is below the set temperature for the consumption of hot water. It is concluded that higher condenser lengths lead to higher savings of backup heating energy, independently of the secondary tank volume. However, for condenser lengths >5 m, the growth in Q saving becomes smaller than 2%.

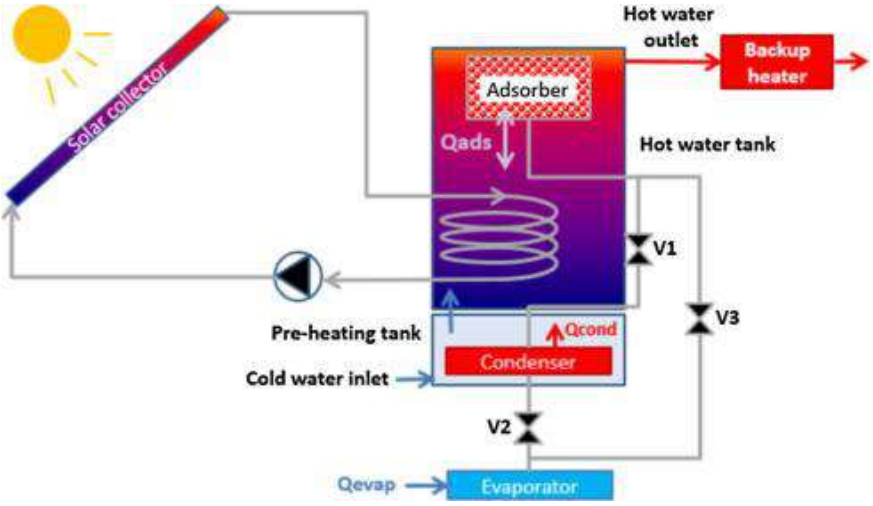


Figure 4. Sketch of the solar thermal system for DHW production with adsorption energy storage module

The MODESTORE prototype was first developed by AEE INTEC in Austria, which provides heating for the home with one family. The scheme of the system is shown in Figure 5. The closed adsorption system uses silica gel as an adsorbent, water as an adsorbate and solar energy for regeneration. The water that is removed during the charging of the system is condensed and stored in a closed system, but separately from the adsorption column. During the adsorption step, the water is evaporated and sent to an adsorption column to free the stored heat. The experimental results of this system were 20% less than the theoretical predictions of the energy density for the system, although experimental results were obtained for an energy density of up to 123 kW / m3 for silica gel [15].

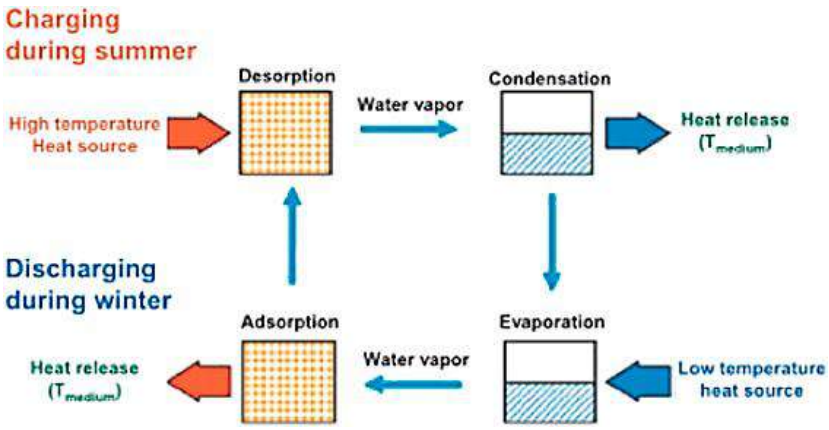


Figure 5. Schematic representation of the closed adsorption system developed by AEE INTEC for space heating for a single-family home

Conclusion

This review paper is focused on the thermal energy storage technologies, especially, thermochemical energy storage. As it can be concluded from the studies presented in this paper, each storage has its own advantages and disadvantages as well. THS systems have excellent energy storage densities compared to other methods of storing heat. However, the transfer of steam to the adsorbent during discharge and heat transfer during charging remains the main obstacles to the successful implementation of these systems. The complexity of the heat and mass transfer problem can limit the amount of heat storage. In this regard, heat generation for longer periods of time with high temperatures is still open for improvement. Further research is needed on many aspects of THS design, including materials, safety, size and efficiency and economy.

The main result of this review concludes that, although many studies continue, THS technology is still not at a sufficiently developed stage for commercialization.

Acknowledgment

I would like to thank my supervisor professor Kaltayev Aidarkhan and doctoral student Berdenova Bakytnur for help.

References

1 Lefebvre D., Tezel F. H.., A review of energy storage technologies with a focus on adsorption thermal energy storage processes for heating applications // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2017. – Volume 67. – P. 116-125.

2 Xu J., Wang R. Z., Li Y., A review of available technologies for seasonal thermal energy storage // Solar Energy. – 2014. – Volume 103. – P. 610-638.

3 Li T., Wang R., Kiplagat J.K., Kang Y., Performance analysis of an integrated energy storage and energy upgrade thermochemical solid-gas sorption system for seasonal storage of solar thermal energy // Energy. – 2013. – Volume 50. – P. 454-467.

4 Angrisani G., Canelli M., Roselli C., Sasso M., Microco generation in buildings with low energy demand in load sharing application // Energy Convers Manage. – 2015. – Volume 100. – P. 78-89.

5 Yang L., Yan H., Lam J.C., Thermal comfort and building energy consumption implications – a review // Appl Energy. – 2014. – Volume 115. – P. 164-173.

6 Utlu Z., Aydin D., O. Kincay, Comprehensive thermodynamic analysis of a renewable energy sourced hybrid heating system combined with latent heat storage // Energy Convers Manage. – 2014. – Volume 84. – P. 311-325.

7 Ahmed S.F., Amanullah M.T.O., Khan M. M. K., Rasul M. G., Hassan N. M. S., Parametric study on thermal performance of horizontal earth pipe cooling system in summer // Energy Convers Manage. – 2016. – Volume 114. – P. 324-337.

8 Zhang X., Li M., Shi W., Wang B., Li X., Experimental investigation on charging and discharging performance of absorption thermal energy storage system // Energy Convers Manage. – 2014. – Volume 85. – P. 425-434.

9 Lu Y.Z., Wang R. Z., Zhang M., Jiangzhou S., Adsorption cold storage system with zeolite–water working pair used for locomotive air conditioning // Energy Convers Manage. – 2003. – Volume 44. – P. 1733-1743.

10 Caliskan H., Dincer I., Hepbasli A., Thermodynamic analyses and assessments of various thermal energy storage systems for buildings // Energy Convers Manage. – 2012. – Volume 62. – P. 109-122.

11 Abedin A.H., Rosen M.A., A critical review of thermochemical energy storage systems // Open Renew Energy. – 2011. – Volume 4. – P. 42-46.

12 Chan C.W., Ling-Chin J., Roskilly A.P., Reprint of "A review of chemical heat pumps, thermodynamic cycles and thermal energy storage technologies for low grade heat utilisation" // Appl Therm Eng – 2013. – Volume 53. – P. 160-176.

13 Li G., Qian S., Lee H., Hwang Y., Radermacher R., Experimental investigation of energy and exergy performance of short term adsorption heat storage for residential application // Energy. – 2014. – Volume 65. – P. 675-691.

14 Fernandes M.S., Brites G. J. V. N., Costa J. J., Gaspar A. R., Costa V. A. F., A thermal energy storage system provided with an adsorption module – Dynamic modeling and viability study // Energy Conversion and Management. – 2016. – Volume126 50. – P. 548-560.

15 Mette B., Kerskes H., Druck H., Muller-Steinhagen H.; New highly efficient regeneration process for thermochemical energy storage // Appl Energy. – 2013. – Volume 109. – P. 352-359.

УДК 533.933
ГРНТИ 29.27.07

K.M. Turekhanova[1], D.S. Kaliyeva[2]

[1] Cand. Sci. (Phys-Math), Senior Lecturer, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
[2] Student of Master's Programme in Physics, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

INVESTIGATION OF THE ELECTRONS COLLISION FREQUENCY IN DENSE SEMICLASSICAL PLASMA

Abstract

The investigation of the collisional properties of dense semiclassical plasmas is interest in many applications such as in the implementation of inertial thermonuclear fusion and etc. In this work we study collision processes of dense semiclassical plasma on the basis of the effective interaction potential of particles, taking into account the quantum-mechanical effects of diffraction and the screening effect. Collisional characteristics of dense semiclassical plasma are

obtained numerically using the Coulomb logarithm on the basis of the effective potential. The dependence of electron distribution function on the velocity, the dependence of the average electron energy on the velocity and the dependence of the electron collision frequency on the nonideal parameter were obtained in a strong field. It has been determine that the particle distribution function in a strong field increases with decreasing plasma density parameter and the average electron energy increases with increasing plasma particles velocity, which is connected with into accounting quantum mechanical effects and screening effect. It has been shown that if the quantum-mechanical effects of diffraction and screening effects in dense semiclassical plasma are taken into consideration, then the electron collision frequency curve would have maximum.

Key words: dense plasma, semiclassical plasma, collision processes, distribution function, collision frequency.

Аннотация

К.М. Туреханова[1], Д.С. Қалиева[2]
[1] к.ф.-м.н., старший преподаватель, Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан
2 магистрант по специальности 6М060400-Физика, Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТЫ СТОЛКНОВЕНИЙ ЭЛЕКТРОНОВ ПЛОТНОЙ КВАЗИКЛАССИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЫ

Изучение столкновительных свойств плотной квазиклассической плазмы представляет большой интерес в применении во многих установках, таких как внедрение инерционного термоядерного синтеза и т.д. В работе исследованы столкновительные процессы плотной квазиклассической плазмы с учетом квантово-механических эффектов дифракции и эффекта экранировки. Столкновительные характеристики плотной квазиклассической плазмы получены численно на основе эффективного потенциала взаимодействия частиц. Определены зависимости функции распределении в сильном поле от скорости, средняя энергия электронов при этом распределении от скорости и частота столкновений частиц от параметра неидеальности. Показано, что учет эффекта экранировки и квантово-механических эффектов дифракции в плотной квазиклассической плазме приводит к появлению максимума на кривой частоты столкновений электронов при определенных значениях параметра неидеальности. Также функция распределения частиц в сильном поле увеличивается с уменьшением параметра плотности плазмы, а с увеличению скорости увеличевается средняя энергия электронов.

Ключевые слова: плотная плазма, квазиклассическая плазма, столкновительные процессы, функция распределения, частота столкновений частиц.

Аңдатпа

К.М. Туреханова[1], Д.С. Қалиева[2]
[1] ф.-м.ғ.к., әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университетінің аға оқытушысы, Алматы қ, Қазақстан
2 әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, 6М060400-Физикан мамандығының магистранты, Алматы қ, Қазақстан

ТЫҒЫЗ КВАЗИКЛАССИКАЛЫҚ ПЛАЗМАДАҒЫ ЭЛЕКТРОНДАРДЫҢ СОҚТЫҒЫСУ ЖИІЛІГІН ЗЕРТТЕУ

Инерциалды термоядролық синтезді жүзеге асыратын және т.б. қондырғыларда пайдаланылатын тығыз квазиклассикалық плазманың соқтығысу қасиеттері туралы мәлімет алуға мүмкіндік беретін зерттеу жұмыстары қазіргі таңда үлкен қызығушылық тудырады. Бұл жұмыста квазиклассикалық тығыз плазмадағы экрандалу құбылысы мен квант-механикалық құбылыстары ескерілетін соқтығысу процестері зерттелген. Квазиклассикалық тығыз плазмадағы соқтығысу құбылыстары бөлшектердің әсерлесуінің эффективті потенциалы негізінде сандық түрде есептелген. Күшті электр өрісіндегі үлестірілу функциясының жылдамдыққа тәуелділігі, осы үлестірілудегі электрондардың орташа энергиясының жылдамдыққа тәуелділігі және бөлшектердің соқтығысу жиілігінің идеал емес параметріне тәуелділігі алынған. Тығыз квазиклассикалық плазмадағы экрандалу және кванттық құбылыстарын ескеретін болсақ, идеал емес параметрдің кейбір мәндері үшін электрондардың соқтығысу жиілігінің қисығында максимумның туындауына әкелетіні көрсетілген. Сонымен қатар плазманың тығыздық параметрі төмендеген сайын күшті электр өрісіндегі бөлшектердің үлестірілу функциясың ұлғаятыны байқалған, ал жылдамдық өскен сайын электрондардың орташа энергиясының ұлғаятынын көруге болады.

Түйін сөздер: тығыз плазма, квазиклассикалық плазма, соқтығысу процестері, үлестірілу функциясы, бөлшектердің соқтығысу жиілігі.

Currently, an important issue is clear and accurate theoretical description of dense semiclassical plasma. Kinetic processes are the most important characteristics of dense plasma, as the study of fundamental and practical interest. In [1] the distribution of particles was determined by various

parameters and processes. The main mechanism that determines the fastest part of the distribution function is the care of electrons to the walls. In addition, the electron distribution function of the energy has a rich structure caused by super-elastic collisions of excited particles with the cold electrons [2]. Under the influence of external forces is the deviation of the distribution functions of the particles from equilibrium. This can change not only the average energy and directed velocity of the particles, but the distribution function is its dependence on the components of the velocity [3]. Using the kinetic theories determined the spectra of highly charged ions and to simulate the kinetics [4]. Calculation of collisional coefficients to date remains one of the most pressing problems of physical kinetics of the semiclassical plasma. Well-known approximation used in this case, cause is not a physical divergence of the Coulomb component of the collisional coefficients at certain values of the plasma parameter Γ.

The study used dimensionless parameters characterizing the system: coupling parameter $\Gamma = e^2/(ak_BT)$; nonideal parameter $\gamma = e^2/(r_Dk_BT)$; the dimensionless form of the energy $E = e/a_B^2$; density parameter $r_S = a/a_B$, $r_S = r_D/a_B$, where a, r_D, a_B - the average distance between the particles, the Debye radius and the radius of the Bor.

To describe the interaction of charged particles with low density is used the Debye-Huckel potential:

$$\Phi_{ab}(r) = \frac{e_a e_b}{r}\exp\left(-\frac{r}{r_D}\right). \quad (1)$$

As the description of interaction of charged particles in a classical plasma is used the pseudopotential, which takes into account the correlation effects of higher order at large distances [5]:

$$\Phi(R) = \frac{\gamma}{R}e^{-R}\frac{1+\gamma\dfrac{f(R)}{2}}{1+c(\gamma)}, \quad (2)$$

$$f(R) = (e^{-\sqrt{\gamma}R}-1)(1-e^{-2R})/5,$$

$$c(\gamma) = -0.008617 + 0.455861\ \gamma - 0.108389\ \gamma^2 + 0.009377\ \gamma^3,$$

where $c(\gamma)$ - is the correction factor for different γ nonideal parameters obtained on the basis of cubic interpolation.

Also to describe the interaction of charged particles in semiclassical dense plasma used the effective potential that takes into account the effect of screening and quantum effects [6]:

$$\Phi_{\alpha\beta}(r) = \frac{Z_\alpha Z_\beta e^2}{\sqrt{1-4\lambda_{\alpha\beta}^2/r_D^2}}\left(\frac{e^{-Br}}{r}-\frac{e^{-Ar}}{r}\right), \quad (3)$$

where

$$A^2 = \frac{1}{2\lambda^2}\left(1+\sqrt{1-\lambda_{\alpha\beta}^2/r_D^2}\right),$$

$$B^2 = \frac{1}{2\lambda^2}\left(1-\sqrt{1-\lambda_{\alpha\beta}^2/r_D^2}\right),$$

$r_D = \left(k_BT/\left(4\pi e^2\sum_j n_jZ_j^2\right)\right)^{1/2}$ - the Debye radius, $Z_\alpha e, Z_\beta e$ - the electric charges of α and β particles, $\lambda_{\alpha\beta} = h/\sqrt{2\pi m_{\alpha\beta}k_BT}$ - the length of the de-Broglie, $m_{\alpha\beta} = m_\alpha m_\beta/(m_\alpha+m_\beta)$ - the reduced mass of the α and β particles.

For constant cross-section collision distribution function in a strong electric field has the form:

$$f_0 = A\exp\left[-\frac{3m_e^2\upsilon^4\chi_{ea}}{8e^2E^2\lambda_{ea}^2}\right], \tag{4}$$

where from the condition of normalization

$$A = \frac{0.37}{\pi}\left(\frac{m_e\sqrt{\chi_{ea}}}{e\lambda_{ea}E}\right)^{3/2}. \tag{5}$$

The distribution described by equation (4) is called the distribution of Druyvesteyn. It is characterized by a much stronger dependence on velocity in comparison with the Maxwell distribution.

Then, the average energy of the electrons in this distribution:

$$\left\langle K_E\right\rangle = 0.4\sqrt{m_a / m_e}eE\lambda_{ea}\ , \tag{6}$$

where λ_{ea} is the free path length of electrons. It can be easily determined using the electron collision frequency:

$$\nu = \frac{4\pi n_i e^4}{m_e^2\upsilon^3}\lambda\ . \tag{7}$$

The frequency of collisions of electrons (7) are computed using the Coulomb logarithm [7].

$$\lambda = \frac{1}{p_\perp^{\ 2}}\int_0^{b_{\max}}\sin^2\left(\frac{\theta_c}{2}\right)\rho\, d\rho\ , \tag{8}$$

where $p_\perp = ee'/\mu\upsilon^2$ is the impact parameter,

$$\theta_c = \pi - 2\upsilon\rho\int_{r_0}^{\infty}\frac{dr}{r^2\sqrt{\upsilon^2 - \frac{2\Phi(r)}{m} - \frac{\rho^2\upsilon^2}{r^2}}}\ . \tag{9}$$

The integral (8) was solved numerically by Euler's method and Simpson. Substituting the specific value of the potential is computed scattering angle (9), and then the Coulomb logarithm by the formula (8). Solving the scattering angle of the particles, it is possible to obtain the collisional characteristics of dense plasma, such as scattering cross-section, the free length and frequency of the particles based on the effective pseudopotential models.

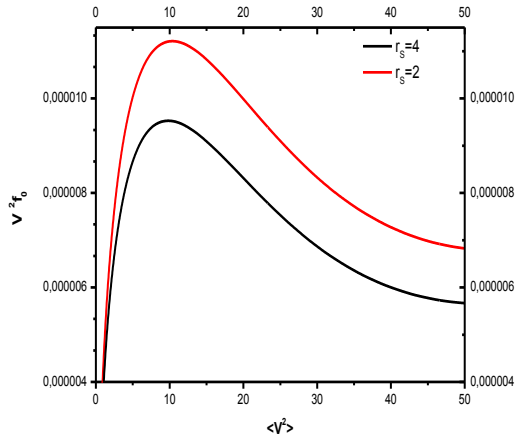


Figure 1. The dependence of the distribution function of electrons in a strong field on the velocity based on the effective potential (3) of dense semiclassical plasma at E=1, Γ=1 and different values of r_s.

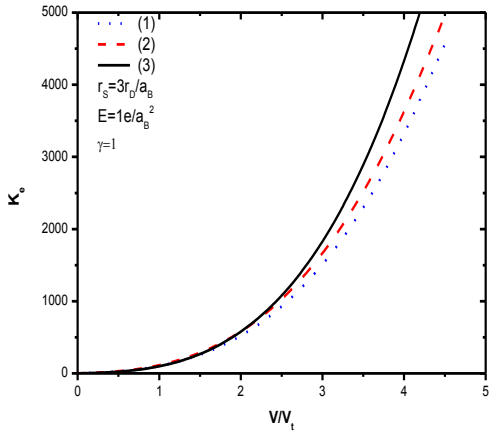


Figure 2. The dependence of the average energy of electrons in a strong field on the velocity based on the (1), (2), (3) potentials of dense plasma at r_s = 3, E =1, γ =1.

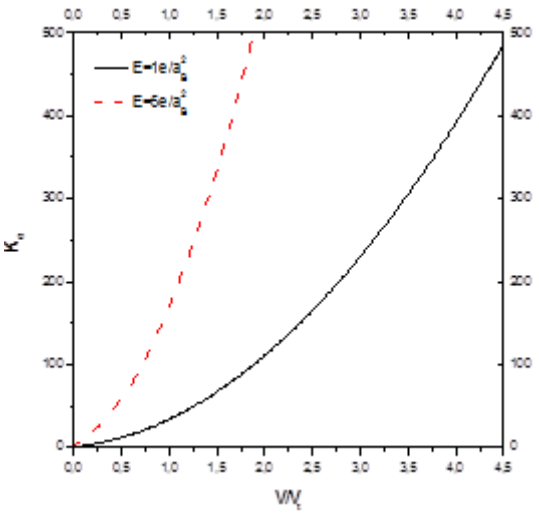


Figure 3. The dependence of the average energy of electrons in a strong field on the velocity based on the effective potential (3) of dense semiclassical plasma at different values of E.

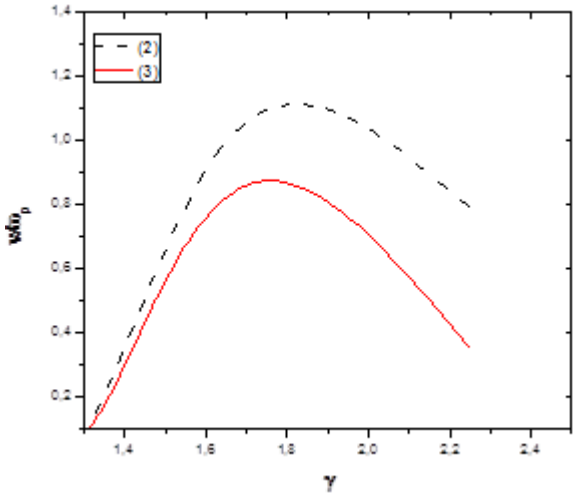


Figure 4. The dependence of the electron collision frequency on the nonideal parameter based on the (2) and (3) potentials of dense plasma.

Figure 1 shows the results of calculating the distribution function of electrons in a strong field of velocity based on the effective potential of interaction of particles of the dense semiclassical plasma. It can be clearly seen that the distribution function of particles in a strong field increases with decreasing plasma density, when we take into account quantum-mechanical and screening effects. This is possible due to a decrease in the frequency of collisions [8]. Figure 2 shows the dependence of the average energy of electrons in a strong field on velocity. For effective interaction the average energy of the electrons is higher than the corresponding data for the potential of the Debye-Huckel and pseudopotential. This is due to the fact that the potential (3) takes into account quantum-mechanical effects of diffraction and the screening effect. The average energy of the electrons in the strong field increases with the increase of the dimensionless form of the energy E [figure 3]. Figure 4 shows the results of electron collision frequency from the parameter of the nonideality. The frequency of collisions of electrons through an effective potential (3) is lower than the pseudopotential (2). When accounting for the effect of screening and quantum effects of diffraction and symmetry, the frequency of collisions of electrons has a maximum at some values of the parameter of the nonideality that is associated with the formation of some ordered structures in dense semiclassical plasma.

References

1 *Capitelli M., Colonna G., et al. Plasma Sour. Scien. Techn. 18. 014014 (2009).*
2 *Pietanza L.D., Colonna G., et al. Physics of Plasmas. 23. 013515 (2016).*
3 *Golant V. E., et al. Fundamentals of plasma physics.-Atomizdat, Moscow (1977).*
4 *Csanak G., et al. J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 44. 215701 (2011).*
5 *Baimbetov F.B., Nurekenov Kh.T., el al. Phys. Letters A. 198. 1233 (1995).*
6 *Ramazanov T.S., Dzhumagulova K.N. Phys. Plasmas. 9. 3758 (2002).*
7 *Ramazanov T.S., Kodanova S.K. Phys. Plasmas. 8. 5049 (2001).*
8 *Ramazanov T.S., Turekhanova K.M. Phys. Plasmas. 12. 102502 (2015).*

УДК 531/534.01:51-72
ГРНТИ 30.03.19

Г. Уалиев[1], З.Г. Уалиев[2]

[1,2] д.ф.-м.н., профессор, Казахский национальный педагогический университет им. Абая, г. Алматы, Казахстан

КИНЕТОСТАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ НЕЗАВИСИМОГО ДВИЖЕНИЯ

Аннотация

В данной работе рассмотрены вопросы построения динамических моделей многомассовых передаточных механизмов с существенно (конечные упругие перемещения) упругими звеньями. Получена система уравнений, описывающая движение многомассовой механической системы с упругими звеньями. Составлены уравнения движения для выходного звена. Выбирая динамическую модель функциональной части машины, следует выделить те ее свойства, которые представляются существенными для поставленной задачи. Большое значение имеет исследование вопросов динамики механизмов с точки зрения точного выполнения заданных законов движения и колебаний, которые возникают при работе механизмов. В статье показано, что при определении передаточных функций имеет место четкое разделение геометрических и кинематических характеристик. Решениями линейных дифференциальных уравнений показаны законы движения и параметрические характеристики колебательных систем.

Ключевые слова: динамическая модель, передаточный механизм, упругие звенья, обобщенные координаты, характеристики двигателя, многомассовые системы, уравнение движения

Андатпа

Ғ. Уалиев[1], З.Ғ. Уалиев[2]

[1,2] ф.-м.ғ.д., профессор, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

ТӘУЕЛСІЗ КӨЗҒАЛЫС МЕХАНИЗМДЕРДІҢ КИНЕТОСТАТИКАЛЫҚ ТАЛДАУ

Бұл мақалада көпмассалы беріліс механизмдердің динамикалық моделдері көрсетірілген. Осындай механикалық жүйелердің қозғалыс тендеулері алынған. Қозғалыс теңдеулері бойынша тербелістер коэффициенттері мен параметрлері қарастырылған. Машинаның функционалдық бөлігінің динамикалық моделін таңдау машинадағы бұл тапсырманы орындау үшін маңызды болып табылатын қасиеттерді ажырату мәселесі ескертілген. Механизмдер динамикасын зерттеуде, әсіресе қозғалыс заңдары мен тербеліс параметрлері нақтылығырларының орындалуы мәселелері ескерілуі қажет. Мақалада трансферлік функцияларды анықтауда геометриялық және кинематикалық сипаттамалардың анық бөлінуі көрсетілген. Бұл жүйелерінің тендулерін шешу арқылы звенолардың кинематикалық параметрлері анықталған.

Түйін сөздер: динамикалық модель, беріліс механизмдер, серпімді денелер, жалпылама координаталар, қозғалтқыштың сипаттамалары, көпмассалы жүйелер, қозғалыс теңдеуі.

Abstract

KINETIC-STATIC ANALYSIS OF MECHANISMS OF INDEPENDENT MOVEMENT

Ualiyev G.[1], Ualiyev Z.G.[2]

[1] Dr. Sci. (Phys-Math), Professor, Abai University, Almaty, Kazakhstan

In this article the questions of the building of the dynamic models of multimass mechanisms with essential (finite elastic movements) elastic links are considered. The models of the chain transfer systems with fixed and free ends are presented. The movement's equation for output chain are developed. This problem are considered with the aim of studying and analyzing mechanical movements and physical and technological processes related to the compilation of their mathematical models. Studying the precise fulfillment of the prescribed laws of motion and oscillations that arise during the operation of the mechanisms is important in the dynamics issues. Properties of the functional part of the machine that are essential for the problem necessary to distinguish to choose a dynamic model. The movement's law and parametric characteristics of the oscillatory system are shown by solutions of the linear differential equations.

Key words: the dynamical model, transfer mechanism, elastic links, generalized coordinates, engine characteristics, multimass mechanisms, movement's equations.

Исследование движения механизмов и машин связано с построением сложных моделей механических систем. Составление дискретных моделей многомассовых механических

систем начинается с выделения инерционных и упругих элементов. Раскручивание деформированных валов и расжатие упругих пружин осуществляются под действием потенциальных энергий деформированных упругих тел. Движение таких исполнительных механизмов в этом переходном процессе, где осуществляется заданная технологическая работа, не зависит от движения двигателя. Эти механизмы носят название – механизмы независимого движения [1]. Учет различных видов нелинейности, упругости элементов механической системы решается в каждом конкретном случае, исходя из целей изучения динамических процессов. Таким образом, как показано в [2], указанные механизмы независимого движения являются механизмами переменной структуры с упругими звеньями и связями.

В работе [2] впервые сформулирована обратная задача динамики механизмов с существенно упругими звеньями, получено аналитическое решение уравнения движения. Решение обратной задачи позволяет автоматизировать построение математических моделей многомассовых систем без проведения предварительных расчетно-экспериментальных исследований по определению центра масс и моментов инерции деталей многозвенных механизмов. Будем предполагать, что все эти элементы обладают «линейными» характеристиками. Пример разделения механической системы на инерционные элементы показан на рис. 1.

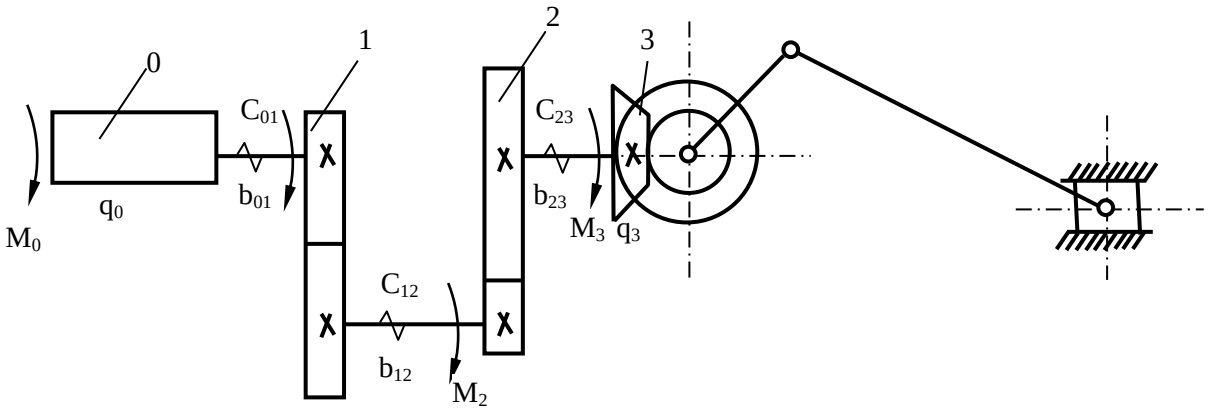


Рисунок 1. Обобщенные координаты многомассовой динамической модели

В качестве обобщенных координат этой системы с четырьмя степенями свободы выбираются угол поворота ротора q_0, углы поворота ведущих колес зубчатых передач q_1 и q_2, и угол поворота q_3 выходного звена механизма 3. Обобщенные координаты механической системы могут выбираться различными способами. Например, положение механической системы можно определить заданием координаты q_0 и «деформационных» координат

$$\theta_{01} q_1 = q_2; \quad \theta_{12} = q_2 - q_1 i_1^{-1}; \quad \theta_{23} = q_3 - q_2 i_2^{-1},$$

где i_1 и i_2 - передаточные отношения соответствующих зубчатых передач. Введенные таким образом деформационные координаты определяют углы закручивания упругих элементов, соединяющих инерционные элементы системы [3].

Будем предполагать, что ротор двигателя может рассматриваться как вращающееся твердое тело, а входные звенья всех инерционных элементов связаны с ротором механизмами с линейными функциями положения. Пусть i_{0s} – передаточное отношение, связывающее ротор с входным звеном s-го инерционного элемента. Обобщенной координатой s-го инерционного элемента, приведенной к ротору, будет называться величина

$$\varphi_s = i_{0s} q_s, \tag{1}$$

где q_s – абсолютная координата.

Очевидно, что в машине с жесткими звеньями все приведенные углы поворота равны q_0. В системе с упругими элементами начало отсчета координат q выбирают таким образом, чтобы все φ_s равнялись q_0 при недеформированных упругих элементах.

Составим уравнение движения механической системы в форме уравнений Лагранжа второго рода. Определим выражение для кинетической энергии системы. Пусть J_s – момент инерции s-го инерционного элемента, приведенный к его входному звену, который может быть постоянным или являться функцией координаты q_s. В системе, показанной на рис. 1, приведенные моменты инерции $J_{0,} J_1, J_2$ постоянны, а момент инерции J_s зависит от q_3.

$$T = \frac{1}{2}\sum_{s=0}^{n} J_s(q_s)\dot{q}_s^2, \tag{2}$$

где n – число инерционных элементов в механической системе, не считая ротора двигателя.

Перейдем в (2) к приведенным координатам (1):

$$T = \frac{1}{2}\sum_{s=0}^{n} i_{0s}^{-2} J_s\left(i_{0s}^{-1}\varphi_s\right)\dot{\varphi}_s^2 = \frac{1}{2}\sum_{s=0}^{n} J_s^*(\varphi_s)\dot{\varphi}_s^2; \tag{3}$$

где $J_s^*(\varphi_s) = i_{0s}^{-2} J_s(i_{0s}^{-1}\varphi_s)$ – момент инерции s-го элемента, приведенный к оси ротора.

Введем в рассмотрение $n + 1$ – мерный вектор-столбец обобщенных координат

$$\varphi = \begin{pmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \\ \dots \\ \varphi_n \end{pmatrix}$$

и диагональную $(n + 1)$ x $(n + 1)$ – матрицу

$$J = \begin{pmatrix} J_0^* & 0 & \dots & 0 \\ 0 & J_1^* & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & J_n^* \end{pmatrix} = diag(J_0^*, J_1^*, \dots, J_n^*)$$

Тогда выражение (3) может быть записано в виде:

$$T = \frac{1}{2}\dot{\varphi}^T J \dot{\varphi} = \frac{1}{2}\{\dot{\varphi}^T\}\{J\}\{\dot{\varphi}\},$$

где верхний индекс T – знак транспонирования матрицы.

Активными силами, действующими в рассматриваемой системе, являются: а) упругие и диссипативные силы, возникающие при деформации упругих элементов; б) движущие силы, приводящиеся к движущему моменту M_0, приложенному к ротору двигателя; в) силы сопротивления, которые могут быть приложены как к n-му звену (силы, вызванные выполняемым технологическим процессом), так и к остальным инерционным элементам. Определим обобщенные силы, соответствующие всем этим активным силам. Для определения s-й обобщенной силы следует s-й обобщенной координате φ_s дать приращение

$\delta\varphi_s$ и определить работу активных сил на этом перемещении. Обобщенная сила определяется как отношение этой работы к $\delta\varphi_s$ [4].

Изменению приведенного угла поворота на $\delta\varphi_s$ соответствует поворот входного звена s-го инерционного элемента на $\delta q_s = \delta\varphi_s i_{0s}^{-1}$, а выходного звена – $\delta\varphi_s i_{0,s+1}^{-1}$. Тогда работа всех сил на взаимном перемещении $\delta\varphi_s$ будет

$$\delta W = i_{0s}^{-1}[M_s(q_s,\dot{q}_s)\delta\varphi_s + M_{s-1,s}\delta\varphi_s] + M_{s,s+1}\delta\varphi_S i_{0,s+1}^{-1}.$$

Обобщенная сила определяется из следующего выражения

$$\begin{aligned} Q_s &= i_{0s}^{-1}[M_s(q_s,\dot{q}_s) + M_{s-1,s}] + i_{0,s+1}^{-1}M_{s,s+1} = \\ &= i_{0s}^{-1}M_s(\varphi_S i_{0s}^{-1}, \dot{\varphi}_s i_{0s}^{-1}) + c_{s-1,s}i_{0s}^{-2}(\varphi_{s-1}-\varphi_s) + \\ &+ b_{s-1,s}i_{0s}^{-2}(\dot{\varphi}_{s-1}-\dot{\varphi}_s) + c_{s,s+1}i_{0,s+1}^{-2}(\varphi_{s+1}-\varphi_s) + \\ &+ b_{s,s+1}i_{0,s+1}^{-2}(\dot{\varphi}_{s+1}-\dot{\varphi}_s) = M_s^*(\varphi_s+\dot{\varphi}_s) + c_{s-1,s}^*(\varphi_{s-1}-\varphi_s) + \\ &+ b_{s-1,s}^*(\dot{\varphi}_{s-1}-\dot{\varphi}_s) + c_{s,s+1}^*(\varphi_{s+1}+\varphi_s) + b_{s,s+1}^*(\dot{\varphi}_{s+1}-\dot{\varphi}_s) \end{aligned} \quad (4)$$

где $M_s^*(\varphi_s,\dot{\varphi}_s) = i_{0s}^{-1}M_s(\varphi_s i_{0s}^{-1}, \dot{\varphi}_s i_{0s}^{-1})$ (5)

При s = 0 в (5) вместо M_s^* следует подставлять движущий момент M_0, зависимость которого от параметров движения определяется характеристикой двигателя.

Параметры

$$\left.\begin{aligned} c_{s-1,s}^* &= c_{s-1,s}i_{0s}^{-2}; \quad c_{s,s+1}^* = c_{s,s+1}i_{0,s+1}^{-2}; \\ b_{s-1,s}^* &= b_{s-1,s}i_{0s}^{-2}; \quad b_{s,s+1}^* = b_{s,s+1}i_{0,s+1}^{-2}; \end{aligned}\right\}$$

представляют собой приведенные к ротору коэффициенты жесткости и сопротивления.

Составим уравнение движения системы в форме уравнений Лагранжа второго рода

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial\dot{\varphi}_s} - \frac{\partial T}{\partial\varphi_s} = Q \quad (6)$$

Подставляя в (6) выражения (3) и (4), получаем:

$$\begin{aligned} &J_s^*(\varphi_s)\ddot{\varphi}_s + \frac{1}{2}\frac{dJ_s^*}{d\varphi_s}(\varphi_s)\dot{\varphi}_s^2 = c_{s-1,s}^*(\varphi_{s-1}-\varphi_s) + \\ &+ b_{s-1,s}^*(\dot{\varphi}_{s-1}-\dot{\varphi}_s) + c_{s,s+1}^*(\varphi_{s+1}-\varphi_s) + b_{s,s+1}^*(\dot{\varphi}_{s+1}-\dot{\varphi}_S) + M_s^*(\varphi_s,\dot{\varphi}_s) \end{aligned} \quad (7)$$

$(s = 1,...,n);$

$$J_0\ddot{\varphi}_s + c_{01}(\varphi_0-\varphi_1) + b_{01}(\dot{\varphi}_0-\dot{\varphi}_1) = M_0 \quad (8)$$

В последнем уравнении учтено, что при роторном двигателе $J_0^*(q_0) = J_0 = const$.

Присоединив к уравнениям (7) и (8) характеристику двигателя, получим систему уравнений движения упругой машины. Выбрав характеристику двигателя в виде [5]. имеем

$$\tau\dot{M}_0 + M_0 = M_{ct}(u,\dot{\varphi}_0,\varphi_0) \quad (9)$$

Приведем уравнение движения к форме, удобной для применения метода возмущений [5]. Переменные моменты инерции представим в следующем виде:

$$J_s^* J_{s0}^* + \tilde{J}_s^*(\varphi_s); \quad J_{s0}^* = (2\pi i_{0s})^{-1}\int_0^{2\pi i_{0s}} J_s^*(\varphi_s)d\varphi_s, \quad (10)$$

где $J_s^*(\varphi_s)$ – периодическая функция φ_s с периодом $2\pi i_{0s}$, что соответствует периоду 2π функции $J_s(q_s)$. Моменты сил имеют следующий вид:

$$M_s^*(\varphi_s,\dot{\varphi}_s) = M_{s0}^*(\dot{\varphi}_s) + \tilde{M}_s^*(\varphi_s,\dot{\varphi}_s)$$

$$M_{s0}^* = (2\pi i_{0s})^{-1}\int_0^{2\pi i_{0s}} M_s^*(\varphi_s,\dot{\varphi}_s)d\varphi_s; \tag{11}$$

$$M_{CT} = M_{ДО}(u,q_0) + \tilde{M}_{CT}(u,\dot{q}_0,q_0);$$

$$M_{ДО} = (2\pi)^{-1}\int_0^{2\pi} M_{CT}(u,\dot{q}_0,q_0)dq_0. \tag{12}$$

С учетом (10) - (12) перепишем уравнения (7) - (9) таким образом:

$$J_s^*\ddot{\varphi}_s + b_{s-1,s}^*(\dot{\varphi}_s - \dot{\varphi}_{s-1}) + b_{s,s+1}^*(\dot{\varphi}_s - \dot{\varphi}_{s+1}) + c_{s-1,s}^*(\varphi_s - \varphi_{s-1}) +$$

$$+ c_{s,s+1}^*(\varphi_s - \varphi_{s+1}) - M_{s0}^*(\dot{\varphi}_s) = -\tilde{J}_s^*(\varphi_s)\ddot{\varphi}_s - \frac{1}{2}\frac{d\tilde{J}_s^*}{d\varphi_s}(\varphi_s)\dot{\varphi}_s^2 + \tag{13}$$

$$+ \tilde{M}_s^*(\varphi_s - \dot{\varphi}_s) \qquad (s = 1,\ldots,n);$$

$$J_0\ddot{\varphi}_s + b_{01}(\dot{\varphi}_0 - \dot{\varphi}_1) + c_{01}(\varphi_0 - \varphi_1) = M_0$$
$$\tau\dot{M}_0 + M_0 - M_{ДО}(u,\dot{\varphi}_0) = \tilde{M}_{CT}(u,\dot{\varphi}_0,\varphi_0) \tag{14}$$

Уравнения (13) и (14) описывают движение многомассовой механической системы с упругими звеньями.

Список использованной литературы

1 Джолдасбеков У.А., Уалиев Г. Совершенствование механизмов прокладывания утка ткацких станков СТБ. - М.: Легпромбытиздат. - 1986. -192с.

2 Уалиев Г., Уалиев З.Г. Математическое моделирование динамики механических систем с нелинейными характеристиками, Алматы, 2007 г.,-332 с.

3 Коловский М.З. Динамика машин // Л.Машиностроение. – 1989. - 263с.

4 Бухгольц Н.И. Основной курс теоретической механики. - Т.1,2. М.: -1967. -468с.

5 Грантмахер Ф.Р. Лекции по аналитической механике. – М.: -1960. -296с.

УДК 378.16
ГРНТИ 20.01.45

А.А. Шалтабаев[1], М.О. Ежембеков[2]

[1]PhD доктор, І.Жансүгіров атындағы Жетісу мемлекеттік университеті, (Талдықорған қ., Қазақстан
[2]Информатика мамандығының магистранты, І.Жансүгіров атындағы Жетісу мемлекеттік университеті, Талдықорған қ., Қазақстан

СҰЛБАТЕХНИКА ПӘНІНЕН ЖАҢА ОҚЫТУ МЕТОДИКАСЫН ҚОЛДАНУ

Аңдатпа

Бұл мақалада сұлбатехника пәнінен жаңа оқыту методика тәсілін көрсету және де оқытушылыққа басқаша көзқараспен қарап шетел зерттеушілеріне талдау жасап және олардың білім беру методикасымен

танысу.Заманауи отандық білім беру оқу орындарында, әсіресе, жалпы және кәсіби мекемелерде жаңа педагогикалық технологияларды белсенді пайдалануға ұмтылады. Жаңа педагогикалық технологияларды қолдану жүйесі іс жүзінде жеткіліксіз, көріністі түрде қолдану пәндер бойынша оқу үрдісінде белгілі болады.Бұл кемшіліктер технология мен техниканың толық мақсатқа қол жеткізетініне күмән тудырады.Оқу үрдісінде оқу технологияларын бірыңғай, жүйелі және мақсатты пайдалану үшін оқыту мазмұнын тұжырымдамалық және оның мазмұның тұжырымдамалық қағидалары мен теориясы толығымен біліп игеру.

Түйін сөздер: электртехника және электроника негіздері, электротехниканың теория негізі, сұлбатехника, electronic workbench, технология.

Аннотация.

А.А. Шалтабаев[1], М.О.Ежембеков[2]
[1]PhD доктор, Жетысуский государственный университет им. И.Жансугурова, (г.Талдыкурган, Казахстан
[2]Магистрант специальности информатики, Жетысуский государственный университет им. И.Жансугурова, г.Талдыкурган, Казахстан

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ МЕТОДОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ СХЕМОТЕХНИКА

При выборе принципов необходимо учитывать направление учебников, поскольку каждый принцип выполняет определенную функцию. Соответственно, качество и содержание учебников влияет на учебный процесс. Нельзя не упомянуть о развитии инновационных педагогических технологий и методов казахстанскими учителями. Только опираясь на взаимосвязь принципов и функций учебных книг и положительного опыта прошлого, интегрируя и объединяя его с последними общеобразовательными педагогическими, дидактическими, конкретными методологическими подходами, мы можем сформулировать основы новых образовательных методов. В данной статье рассмотрен актуальные вопросы о учебно-методическим комплексам, соблюдая которые учителя могли бы достигать высоких результатов.

Ключевые слова: электртехника и теория электроники, теория основ электротехник, схематехника, electronic workbench, технология.

Abstract

THE USE OF NEW METHODS IN TRAINING ON THE DISCIPLINE OF THE CIRCUIT ENGINEERING

ShaltabaevA.A.[1], EzhembekovM.O.[2]
[1]PhD doctor, Zhetisu State University named after I.Zhansugurov, (Taldykorgan, Qazaqstan
[2]Master's student by specialty Information Science Zhetisu State University named after I.Zhansugurov, Taldykorgan, Qazaqstan

When choosing principles, it is necessary to take into account the direction of the textbooks, since each principle performs a certain function. Accordingly, the quality and content of textbooks affect the learning process. It is impossible not to mention the development of innovative pedagogical technologies and methods done by Kazakhstan teachers. Only by relying on the interconnection of the principles and functions of the curriculum and the positive experience of the past, integrating it with the latest general pedagogical, didactic, specific methodological approaches, we can formulate the foundations of new educational methods. In this article, topical questions about educational and methodological complexes are considered, observing which teachers could achieve high results.

Key words: electrical engineering and electronics theory, the theory of the basics of electrical engineering, circuit engineering, electronic workbench, technology.

Оқу орындарындағы студенттердің оқу үдерісіне ерекше назар аударылуда, студенттің тұлғалық және жеке қасиеттерін қалыптастыру және өзін-өзін дамыту ерекше қолға алынуда. Өткен ғасырда шетелдік және отандық ғылыми-педагогикалық қоғамдастық педагогикалық ғылымға және оның тәжірибесіне елеулі үлес қосты. Бұған кепіл бола алатын - жаңа оқыту технологиялары. Дәстүрлі оқытудың мазмұны мен әдіснамасы - студенттің осы жүйе бойынша оқу материалдарын теориялық мазмұнының игерсе іс жүзінде практикада шектеулі болғаны белгілі. Бұл әрине, белгіленген алгоритмге сәйкес эксперименталды жүзеге асыруға көп күш жұмсалады, бірақ әрбір әрекетті дәл нақты орындауға ұмтылдырады.Оқу үрдісіндегі оқу жаттығулары жиі оқытушының басшылығымен орындалады.Ал білім беру процесінің жаңа үлгілері мен оқытудың технологиялары білімгерлердің тұлғалық және кәсіби-тұлғалық қасиеттерін қалыптастырып дамыта, оның меншікті потенциалына негізделе, өз бетімен оқу-танымдық іс-әрекеттерді жүргізе отырып, тапсырмаларды дербес орындап, шығармашылық және интеллектуальды қасиеттерін жетілдіруді, өзін-өзі жетілдіруді көздейді.Көптеген тәжірибелі педагогтар оқыту түрлерін қолдануда кезеңді баспа беттерінде қарастырылған әдістемелік ұсыныстарға негіздеп оқытудың мазмұнын құрастыруда кемшіліктер

болатыны белгілі. Осы кемшіліктерді толықтыруға, болашақ педагогтар мен оқытушылардың кәсіби еңбегінде оқытудың технологияларын, олардың көздеген мақсатына сәйкес мазмұны да сапалы, жүйелі де нәтижелі, педагогтың жаңа оқыту технологияларының мазмұнымен толық, саналы меңгеріп, аталған оқытудың технологияларын педагогикалық іс-тәжірибеде тиімді қолдану.Авторлы жаңа оқытудың технологияларын жобалап құрастыра, нәтижелі жетістіктерге жетуге ықпал ететін жаңа методикалық әдіс құрастыру. Қазіргі заманғы білім беру үрдісінде әртүрлі білім беру технологияларын ұтымды қолдану арқылы жастардың үйлесімді әлеуметтенуіне жаңа көзқарас қалыптасып, үздіксіз педагогикалық процестің дамуы болып табылады.

Біз оқу жайлы айтқан кезде, оқытатын оқу тәсілдерін ойлаймыз. Оқу методикасы бірқалыпты емес, жыл сайын өзгереді , яғни оқулықтың мазмұны ескіргендіктен, яғни жаңа материалдардың шығуына байланысты бұл ескіріп жаңа оқулық пайда болады. Қазіргі заманда педагогикалық тәжірибені біріктіруде жаңа әдіснамалар дайындалу керек. Сондықтан, бүгінде ең аткуальды сұрақтардың бірі (оқыту барысында қалай қызықты, түсінікті қылып өткізу керек ?)

Ал білім беру процесінің жаңа үлгілері мен оқытудың технологиялары білім алушының тұлғалық және кәсіби-тұлғалық қасиеттерін қалыптастырып дамыта, оның меншікті потенциалына негізделе, өз бетімен оқу-танымдық іс-әрекеттерді жүргізе, тапсырмаларды дербес орындау, шығармашылық және интеллектуальды қасиеттерін жетілдіруді, өзін-өзі жетелеп дамытуды көздеп мына методиканы оқытуда еңгізу. Сұлбатехника пәнінен жаңа оқыту методикасын оқыту үрдісін бастау үшін үш негізгі оқулықпен бастауымыз керек:

1. Электртехника және электроника негіздері
2. Электротехниканың теория негізі
3. Сұлбатехника

Бірінші бағытта – электр құрылғының жұмыс істеу принциптерін түсіну керек .

Екінші бағытта – бұл бағытта бірінші бағыт сияқты, бірақ тереңірек оқытылады. Бұл жерде электртехникалық құрылғыларды жеке қарастырамыз, электронды сұлбасының жұмыс істеу принциптерін үйреніп, электротехниканың теориялық негізін жетік қарастырамыз.

Үшінші бағыт - бұл бағыт ең негізгісі болып есептеледі, электр сұлбасымен және оның жұмыс істеу принциптері негізгі логикалық элементтері, сұлбаның құрылымы, сұлбадағы процесстер және т.б. қарастырылады.

Бұл пәнді қандай оқулықтармен оқыған дұрыс?

ЖОО-ның оқулықтарымен. Электртехника және электроника негіздерімен оқулықтарын параллель бірге оқытқаннан кейін ЭТН және сұлбатехника пәндерін оқытқан жөн.Себебі осы ретте оқыған жағдайда, студенттің бұл пәнді толығымен түсініп шығуына септігін тигізеді. Бәрі түсінікті болған жағдайда электр құрылғыларының жұмыс принцептерін түсінеді. Әрине практиканы да ұмытпау керек , практикаға көп көңіл бөлу керек. Қажетті оқулықтарды төмендегі кестеде.

Сұлбатехника пәнінен оқытуға арналған қажетті оқулықтар (программалар)		
№	(Программаның)Оқулықтың аты	Автор
1	Электртехника және электроника негіздері	Ермағанбетов К.Т. Астана қ. 2016ж Туғанбаев Ы.Т. Алматы қ. 2012ж.-500б
2	Электротехниканың теория негізі	Ахметов А.Қ., Қабақова Т.А. Астана қ. 2004ж.-515б
3	Сұлбатехника	Жұрынтаев Ж.З., Алматы қ. 2005ж.-288б
4	Electronic workbench программасы	Interactive Image Technologies фирмасы жасаған (www.interactive.com)

Electronic workbench бағдарламасы практика жүзінде қолдануда оқушыларға көп септігін тигізеді. Бұл программа электр сұлбаны құрау мақсатында қолданылады.Виртуальді практикада және автоматтар теориясын түсінуде, электр сұлбаның дұрыс жұмыс жасап тұрғанын осы бағдарламамен тексеруге болады. Программаны қолданып үйрену жеңіл.

Осы оқыту методикасы жайлы көптеген шетел зерттеушілеріне шолып өтетін болсақ.

Модульдік оқыту модулінің идеясының пайда болуы 1960-жылдардың басында және 1970-жылдардың аяғында пайда болды. Американдық психолог С.Н.Послезвайт оқыту мазмұнының бірыңғай білім беру тұжырымдамасын әзірледі. Осы тұжырымдамаға сәйкес, автор аз шектеулі оқу материалдарын «автономдық бірліктер» қарастыруға және әртүрлі тегін сабақтарға енгізуге болатындығын айтты. С. Послезвайт бұл кішігірім бағыт екенін айтты. Алғашқы шағын курстар 1970-шы жылдары американдық университеттер мен колледждерде басталды. Модульдік оқыту

ретінде оқу жоспары келесі пакеттерді қамтыды: «оқу пакеті», «оқыту пакеті» және «жеке оқыту пакеті». Модульдік оқыту Англия, АҚШ, Швейцария, Канада және басқа көптеген елдерде білім беру мекемелерінде кеңінен қолданылады. Ресейдегі модульдік білімнің алғашқы белгілері 1920-1930 жж. Еңбек Институтының орталығы (ЕИО) құрған кәсіптік білім беру тұжырымдамасы бойынша қарапайымі операцияларды бөлу және еңбек процесінде жүйелі қозғалыстардың модульдік принципіне негізделе отырып ұсынылды. Яғни, қысқа мерзімде арнайы оқу материалдарын меңгеріп, дағдыланып, үйреніп арнайы курстарға арналған жаттығулар орындалды. Осы жылдар ішінде 200 мамандық бойынша 200 білім беру ұйымдарында бір жарым миллион жастар білім алды. Модульдік оқыту технологиясының тұжырымдамасы американдық зерттеуші Дж. Расселдің жазған. Бұл жаттығу материалдарының тұжырымдамалық бөлігін қамтитын оқыту пакеттерінің жиыны. ЮНЕСКО тезаурусында бірнеше модульдік оқу туындылары келесідей: модульдік әдіс, модульдік жол, модульдік оқыту.

Бұл технологиялардың ұғымы мынадай:

- аралас бағдарламалау болуы жөн;
- оқу материалы блокты болуы керек;
- кері байланыс және тікелей;
- бақылау мен өзіндік бақылау бірігуі керек.

Елдерде, яғни ТМД елдерде модульді оқыту технология жүйесін зерттеген зерттеушілер Е.А.Ермоленко, М.А.Чошанов, П.Юцявичене, Т.И. Шамова, П.И.Третьяков және т.б.

Жанпейісова М.М., Қазақстан Республикасы ЖОО-дағы модульдік оқыту бойынша ғылыми технологиясын зерделеп және практика ретінде қолдануға ұсынған осы кісі болды. Толыққанды технологияны жасау, педагогикалық үдерісті құру, оқытуға бағытталған және нәтижелерді талдап мұғалімдерге оқыту барсында қолдану. Аналитикалық талдау жасап және студенттердің қателігін алдын алу. Жалпы білім беру педагогикасының технологиясын сенімді өсу динамикасын құру . Технологияны дамытуда жаңа технологияларды қалыптастыру. Бұл жоспар мұғалімге оқу жылында әдіснама ретінде қолдануға көмектеседі. Модульді оқыту қазірде кеңінен қолданылады. Модульдік оқыту технологиялысында бір тақырып бойынша жүйелі білім беріп,бөлек тараулар бойынша емес. Бұл өзіңді жақсартуға, басқаларды үйретуге, кітаптармен жұмыс істеуге және көбірек білуге көмектеседі.

Модульдік оқытудың мақсаты, өздігінен іске асырылған бағдарламамен және дидактикалық жетістіктерге қол жеткізудің жетекші әдісін қамтитын ақырғы ақпараттық блокты сипаттайды. Модульдік оқытудың мақсаты - студенттің өз бетінше жұмыс істеу қабілетін дамыту, жеке оқыту әдістерінің көмегімен жұмыс істеу. Бұл технологияда мұғалім консультативтік кеңесші қызметін атқарады және студентке осы үдеріске белсенді қатысуға мүмкіндік береді. Студент оқыту әдісін таңдай алады. Бұл технология тақырыбы бойынша оқытуды ұйымдастырудың формасы мен әдістерін анықтайды. Сонымен қатар олар өздерінің әлеуметтік сұранысына байланысты олардың мазмұнына өзгерістер енгізе алады. Мысалы, Нейевтің айтуынша, оның оқу жұмысының нәтижелерін зерделеудегі жұмысының нәтижесі ретінде модульдік оқытудың тиімділігі туралы, эксперименталды, дамушы және ойлау әдістерін қалыптастырып түйіндейді.

Рубинштейннің тәжірибесі әрбір студенттің тәжірибесі ерекшеленетіні белгілі. Сондықтан бұл технология адамның ерекшелігіне байланысты оқу үрдісінде әдістерді қолдануды қамтиды. Мұнда студент курстың модульдік бағдарламасымен танысып, болашақта күтілетін нәтижелердің маңыздылығын түсінуі керек. Модульдік оқыту бағдарламасы қысқа, орта және ұзақ уақытта қол жеткізу бағыты көрсетіледі.

Мынадай модульдік оқыту қажет:

- ақпараттық материалдар;
- жеке модульдегі материалдың жоғары сапалығы;
- модуль элементтерінің даралығы;
- Ақпаратты және әдістемелік материалдарды оңтайлы жеткізу.

Мұғалім бағдарламаны жасаған кезде, білімгер топта оқытудың нысаны мен әдісін көрсетеді, бірақ оқу материалы командалық жұмысты талап етеді. Теориялық және практикалық білімді, білімгерлер тереңірек түсіндіру үшін қосымша әдебиеттерді ұсынады. Анықталмаған және қайталанатын тақырыптарды білімгер түсінбеген жағдайда қайтадан мүміндігінше түсіндіру. Модульдің әрбір элементі жеке параққа жазылады және ақпарат өзгерген жағдайда өзгертіліп отырады. Модульдік оқыту технологиясында оқу материалдары модульдер, диаграммалар, кестелер және басқа да

бейнелер арқылы түсіндіріледі. Сыныпта студенттер шағын топтарға бөлініп, белсенді түрде жұмыс істейді. Бастапқыда оқушылар жаттығу материалдарын қайта жасауға тырысады, содан кейін дағдыланып қабілеттілігін жақсартуға тырысады. Әрбір студент тыңдауға, оқуға, есте сақтауға, әрбір сабақты ойластыруға және автор ұсынған үш деңгейге жетуге тиіс.

Көптеген академиялық педагогтар модульдік оқыту технологиясын оқып жатыр. Л.Йоваиша мынадай модульдік оқыту әдістерін қарастырды:

- ақпараттарды оқыту әдістемесі (сұхбат, топтық тренинг, демонстрация,консультация, лекция, емтихан).
- операциялық оқыту әдісі (алгоритм, зертханалық жаттығулар, өзара сын).
- оқыту әдісі (мәселелерді талдау, тыңдау,шығармашылық сұхбат, миға шабуыл).

Өзін-өзі зерттеу әдісі (тыңдау, оқу).

Ақпаратты оқыту әдістемесін мұғалім оқушыларға жаңа ақпаратты түсіндіру үшін пайдаланады. Мысалы, сабақ барысында жоғары білімді мамандар осы тақырып бойынша баяндама дайындайды және сарапшының пікірімен толықтырылады. Студенттер сұрақтар қою арқылы қатысады. Операциялық оқыту әдісі студенттердің дағдылары мен көзқарастарын дамыту болып табылады. Мысалы, «видеоконфронтация» әдісі өзіне басқа адамның көзімен қарауды үйретеді. Мұнда студенттердің әрекеттері жазылатын камераға түседі, қайтадан студенттерге көрініс табып олар өз кемшіліктерін түзеуге тырысады. Мұғалім үнемі бағыт беруші ретінде нұсқаушы бола алады. Ізденімпаздық әдіснамасы оқушылардың қабілеттері мен қабілеттерін дамытады. «Іскер себет» әдісінде студенттер жеке тапсырмаларды себеттен алып, оларды жеке-жеке орындаумен айналысады. Тапсырма аяқталғаннан кейін студенттер барлық сұрақтарды бірге талдайды. Модульдік оқыту баланың шығармашылық қабілеттерін дамытуға көмектеседі. Модульдік оқыту технологиясы студенттерге өз міндеттерін орындауға, проблемаларды шешуге, өз пікірлерін қорғауға, олардың белсенділігін арттыруға және мақсаттарына қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Модульдік оқыту технологиясы - жоспарланған нәтижелерге қол жеткізу үшін бірқатар маңызды іс-әрекеттер мен операцияларды тарату арқылы жүзеге асырылатын оқу үдерісі.

XXI ғасыр оқытушыларға белгіленген талаптар:

1. Жеке тұлға және өз көзқарасын қорғауға болатын адам болуы керек.
2. Психологиялық-педагогикалық білімдері мен дағдыларын меңгеру керек.
3. Студенттерді білім алуды жеке дара дағдыландыру.
4. Ұйымдастыру, құрылымдық, адаптивті, сонымен қатар педагогика саласындағы тәжірибесі бар болуы керек.

Құрылымға байланысты оқыту процесі модульдік болады. Модуль кез келген жүйенің бір бөлігі болып табылады, яғни оқу процесі бөлек жеке тұрады, бірақ әртүрлі мазмұнымен. Оқудың модульдік технологиясы оқушыны ғана емес, сонымен қатар өзінің танымдық әрекеттерін ұйымдастырып, диалогтік қарым-қатынас негізінде оқу үрдісін құруға тиіс. Модульдік оқыту технологиясының құрылымы үш бөлімнен тұрады: кіріспе, диалог және қорытынды. Әрбір оқу модулі оқу бағдарламасының тарауына бөлінген сағаттардың санына байланысты сағат сайын әр түрлі сандарға ие. Зерттеулер көрсеткендей, 7-12 сағаттық оқу модулі ең тиімді болып табылады. Модульдің алғашқы ерекшелігі кіріспе бөлігі үшін 1-2 сағатқа дейін және соңғы бөлікке 2-3 сағат кетуі мүмкін, ал қалған барлық сағат тіл қатысу шарасында қолданылатын болады. Мысалы, егер модуль 9 сағатқа жоспарланған болса, кіріспе бөліміне бір сағат, 2 сағат аяқтау және диалогтық терезеде қалған 6 сағат қажет. Егер жаттығу модулі 12 сағат болса, 1 және 3 секциялардағы сағат сандары өзгеріссіз қалады және сандық ажырату 9 сағатқа беріледі. Бұл оқулық барлық оқушылар күрделіліктің 3 деңгейін игеру дағдысына,үйренуіне байланысты. Яғни, оқу модулінің мазмұны бойынша студенттер өз білімдерін негізгі білімін, қабілеттілігін көрсетуі керек. Бірнеше қайталау - қарапайымнан күрделіге дейін, репродуктивті тапсырмалардан шығармашылық ізденісіне дейін итермелейді.Бұл әрбір оқушыға оқу материалын деңгейден білім беру деңгейіне дейін меңгеруге мүмкіндік береді.

Әрбір жаңа оқыту технологиясы оқытудың теориясындағы субъектілердің қарым-қатынасын өзгертетін жаңа серпін қалыптастыруға тырысады.Ол жаңа контент пен жаңа функциялар үшін қажетті оқыту құралдарын өзгертуге бағытталған. Осы оқыту технологиясының мақсаттарының ерекшеліктерін анықтап, нәтижесін көру.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1 Мартынов Д.В., Смольникова И.А. Многоцелевое использование электронных презентаций и требования к ним. / 15-я Международная конференция-выставка «Применение новых педагогических технологий» М.: Троицк, 2004. – с.164-166.

2 Осин А.В. Мультимедиа в образовании: контекст информатизации. – М.: Агенство Идеальный сервис», 2004 – 320 с

3 Искусство схемотехники / Хоровиц П., Хилл У. — М: Мир, 1993 — 413 с.

4 Утешкалиева Қ.Ж. Жаңа оқыту технологиялары. URL: http://zkoipk.kz/ru/nisconf2s/700-conf.html

УДК 004.8
ГРНТИ 20.01.07

А.А. Шалтабаев[1], Ш.С. Туткышбаева[2], М.О. Ежембеков[3]

[1]Ph.d. , І.Жансүгіров атындағы Жетісу мемлекеттік университетінің доценті, Талдықорған қ., Қазақстан
[2] оқытушы, Л.Н.Гумилев атындағы Евразиялық ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан
[3] І.Жансүгіров атындағы Жетісу мемлекеттік университеті, Ақпараттық жүйелер мамандығының магистранты, Талдықорған қ., Қазақстан

СҰЛБАТЕХНИКА ПӘНІНЕН ЖАҢА ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІН ДАЙЫНДАУ

Аңдатпа

Бұл мақалада сұлбатехника пәнінен жаңа оқыту әдістеме тәсілін көрсету және де оқытушылыққа басқаша көзқараспен қарап шетел зерттеушілеріне талдау жасап танысу. Сұлбатехника пәнін оқытуда модульдік оқыту ретінде Англия, АҚШ, Швейцария, Канада және басқа көптеген елдерде білім беру мекемелерінде кеңінен қолданылады. Ресейдегі модульдік білімнің алғашқы белгілері 1920-1930 жж. Еңбек Институтының орталығы (ЕИО) құрған кәсіптік білім беру тұжырымдамасы бойынша қарапайым операцияларды бөлу және еңбек процесінде жүйелі қозғалыстардың модульдік принципіне негізделе отырып ұсынылды. Сұлбатехника пәнінен жаңа оқыту әдістемесын оқыту үрдісін бастау үшін 3 негізгі оқулықпен бастауымыз керек: электртехника және электроника негіздері, электротехниканың теория негізі, сұлбатехника. Зерттелінген шет елдердің теориялық және практикалық жағынан маңызды екенін көрсеттік. Қолданылған әдістер:сұлбатехниканы оқытудың маңыздылығы, оқыту барысында қолданылатын әдебиеттер тізімі көрсетілді.

Түйін сөздер: электртехника және электроника негіздері, электротехниканың теория негізі, сұлбатехника, electronic workbench, технология.

Аннотация

А.А. Шалтабаев[1], Ш.С. Туткышбаева[2], М.О. Ежембеков[3]
[1]Ph.D., доцент Жетысуского государственного университета им.И.Жансургурова, г.Талдыкорган, Казакстан
[2] преподаватель Евразийского национального университета им Л.Н.Гумилева, г. Астана, Казакстан
[3] магистрант по специональности Информационные системы, Жетысуского государственного университета им.И.Жансургурова, г.Талдыкорган, Казакстан

ПОДГОТОВКА НОВЫХ МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ СХЕМОТЕХНИКА

В данной статье продемонстрирован новый подход к методам преподавания схемотехники и исследования иностранных ученых в области новых методов преподавания. Электротехника широко используется в учебных заведениях как модульное обучение преподаванию учебных программ в Англии, США, Швейцарии, Канаде и многих других странах. Первыми признаками модульного образования в России были 1920-1930 годы. Такие методы обучения основываются на концепции профессионального образования, созданной Центром трудовых институтов (ОВОС), на основе модульного принципа регулярного отделения операций и систематического перемещения в трудовом процессе. Нам нужно начать с трех основных учебников, чтобы начать процесс изучения новых методов обучения в области электротехники: электротехника и электроника, основы теории электротехники, схемотехника. Мы показали, что зарубежные исследование знаний являются теоретическими и практическими важными. Используемые методы: важность обучения схем, список литературы, используемой во время обучения.

Ключевые слова: основы электротехники, Теоретические основы электроники , схемотехника, electronic workbench, технология.

Abstract

Shaltabaev A[1], Tutkyshbaeva Sh[2], Yezhembekov M [3].

PREPARATION OF NEW METHODS OF TRAINING IN THE DISCIPLINE OF CIRCUIT ENGINEERING

[1]Ph.D. , Associate Ptofessor of the I.Zhansurgurov Zhetysu State University, Taldykorgan, Kazakhstan

[2] Teacher, L.N Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

[3] Student of Master's Programmein Information System at T I.Zhansurgurov Zhetysu State University, Taldykorgan, Kazakhstan

We demonstrated a new approach to the methods of teaching circuit technology and the study of foreign scientists in the field of new methods of teaching in this article. Electrical equipment is widely used in teaching aids in England, USA, Switzerland, Canada and many other countries. The first Russian modular education in 1920 and 1930. These methods based on the concept of vocational education, the Center for Mercenary Institutes (OAS), based on the principle of regular separation of operations and systematic transformation in the process of tragedy. You do not need to go to three basic school pensions: Electrical Engineering and Electronics, The basic electronics, and Scheme. Nam said that cognitive research is theoretical and practical. Expensive Methods: Significance of the curriculum, list of references, used in teaching.

Key words: fundamentals of Electrical Engineering, Theoretical Foundations of Electronics, circuit engineering, electronic workbench, technology.

Оқу орындарындағы студенттердің оқу үдерісіне ерекше назар аударылады, студенттің тұлғалық және жеке қасиеттерін қалыптастыру және өзін-өзін дамыту ерекшк қолға алынуда. Өткен ғасырда шетелдік және отандық ғылыми-педагогикалық қоғамдастық педагогикалық ғылымға және оның тәжірибесіне елеулі үлес қосты. Бұған кепіл бола алатын - жаңа оқыту технологиялары. Дәстүрлі оқытудың мазмұны мен әдіснамасы - студенттің осы жүйе бойынша оқу материалдарын теориялық мазмұнының игерсе іс жүзінде практикда шектеулі болғаны белгілі. Бұл, әрине, белгіленген алгоритмге сәйкес эксперименталды жүзеге асыруға көп күш жұмсалды, бірақ әрбір әрекетті дәл нақты орындауға ұмтылдырды.Оқу үрдісіндегі оқу жаттығулары жиі оқытушының басшылығымен орындалды.Ал білім беру процесінің жаңа үлгілері мен оқытудың технологиялары білімгерлердің тұлғалық және кәсіби-тұлғалық қасиеттерін қалыптастырып дамыта, оның меншікті потенциалына негізделе, өз бетімен оқу-танымдық іс-әрекеттерді жүргізе отырып, тапсырмаларды дербес орындап, шығармашылық және интеллектуальды қасиеттерін жетілдіруді, өзін-өзі жетілдіруді көздейді.

Қазіргі заманғы отандық білім беру оқу орындарында, әсіресе, жалпы және кәсіби мекемелерде жаңа педагогикалық технологияларды белсенді пайдалануға ұмтылады. Жаңа педагогикалық технологияларды қолдану жүйесі іс жүзінде жеткіліксіз, көріністі түрде қолдану пәндер бойынша оқу үрдісінде белгілі болады.Бұл кемшіліктер технология мен техниканың толық мақсатқа қол жеткізетініне күмән тудырады.Оқу үрдісінде оқу технологияларын бірыңғай, жүйелі және мақсатты пайдалану үшін оқыту мазмұнын тұжырымдамалық және оның мазмұның тұжырымдамалық қағидалары мен теориясы толығымен білу. Өкінішке қарай, қазақ тілінде оқытудың жаңа технологиялары туралы толық мәліметтер де шектеулі. Көптеген тәжірибелі педагогтар оқыту түрлерін қолдануда кезеңді баспа беттерінде қарастырылған әдістемелік ұсыныстарға негіздеп оқытудың мазмұнын құрастырады. Осы кемшіліктерді толықтыруға, болашақ педагогтар мен оқытушылардың кәсіби еңбегінде оқытудың технологияларын, олардың көздеген мақсатына сәйкес мазмұны да сапалы, жүйелі де нәтижелі, педагогтың жаңа оқыту технологияларының мазмұнымен толық, саналы меңгеріп, аталған оқытудың технологияларын педагогикалық іс-тәжірибеде тиімді қолдану мен авторлы жаңа оқытудың технологияларын жобалап құрастыра, нәтижелі жетістіктерге жетуге ықпал ететін жаңа әдістемелық әдіс құрастыру. Қазіргі заманғы білім беру үрдісінде әртүрлі білім беру технологияларын ұтымды қолдану арқылы жастардың үйлесімді әлеуметтенуіне жаңа көзқарас қалыптасып, үздіксіз педагогикалық процестің дамуы болып табылады [1].

Біз оқу жайлы айтқан кезде, оқытатын оқу тәсілдерін ойлаймыз. Оқу әдістемесы бірқалыпты емес, жыл сайын өзгереді , яғни оқулықтың мазмұны ескіргендіктен, яғни жаңа материалдардың шығуына байланысты бұл ескіріп жаңа оқулық пайда болады. Қазіргі заманда педагогикалық тәжірибені біріктіруде жаңа әдіснамалар дайындалу керек. Сондықтан, бүгінде ең аткуальды сұрақтардың бірі (оқыту барысында қалай қызықты, түсінікті қылып өткізу керек ?)

Ал білім беру процесінің жаңа үлгілері мен оқытудың технологиялары білім алушының тұлғалық және кәсіби-тұлғалық қасиеттерін қалыптастырып дамыта, оның меншікті потенциалына негізделе, өз

бетімен оқу-танымдық іс-әрекеттерді жүргізу, тапсырмаларды дербес орындау, шығармашылық және интеллектуальды қасиеттерін жетілдіруді, өзін-өзі жетелеп дамытуды көздейді.

Сұлбатехника пәнінен жаңа оқыту әдістемесын оқыту үрдісін бастау үшін 3 негізгі оқулықпен бастауымыз керек:

1. Электртехника және электроника негіздері
2. Электротехниканың теория негізі
3. Сұлбатехника

Бірінші бағытта – электр құрылғының жұмыс істеу принциптерін түсіну керек .

Екінші бағытта – бұл бағытта бірінші бағыт сияқты , бірақ тереңірек оқытылады. Бұл жерде электртехникалық құрылғыларды жеке қарастырамыз, электронды сұлбасының жұмыс істеу принциптерін үйреніп, электротехниканың теориялық негізін жетік қарастырамыз.

Үшінші бағыт - бұл бағыт ең негізгісі болып есептеледі, электр сұлбасымен және оның жұмыс істеу принциптері негізгі логикалық элементтері , сұлбаның құрылымы , сұлбадағы процесстер және т.б. қарастырылады [1].

Бұл пәнді қандай оқулықтармен оқыған дұрыс?

ЖОО-ның оқулықтарымен. Электртехника және электроника негіздерімен оқулықтарын парраллель бірге оқытқаннан кейін ЭТН және сұлбатехника пәндерін оқытқан жөн.Себебі осы ретте оқыған жағдайда , студенттің бұл пәнді толығымен түсініп шығуына септігін тигізеді. Барі түсінікті болған жағдайда электр құрылғыларының жұмыс принцептерін түсінеді. Әрине практиканы да ұмытпау керек , практикаға көп көңіл бөлу керек.

Оқытуға арналған қажетті оқулықтар:

Сурет 1. Электртехника және электроника негіздері.

Сурет 2. Электротехниканың теория негізі.

Сурет 3. Сұлбатехника.

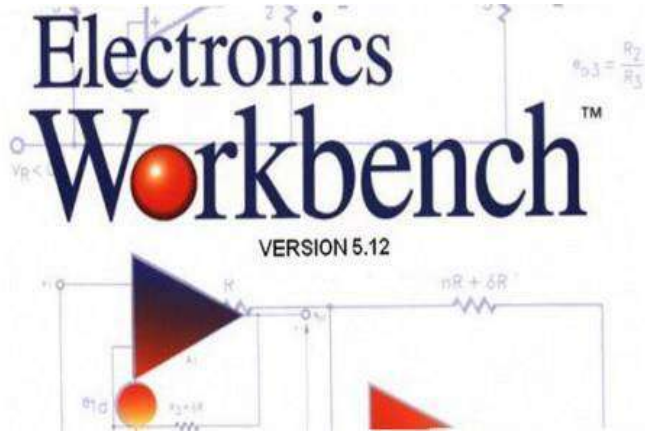
Electronic workbench бағдарламасы пракатика жүзінде қолдануда оқушыларға көп септігін тигізеді. Бұл программа электр сұлбаны құрау мақсатында қолданылады.Программаны автоматтар теориясын түсінуде және электр сұлбаның дұрыс жұмыс жасап тұрғанын тексеруге болады.

Кез – келген құрылғының құрылуы ереже бойынша физикалық немесе математикалық модельдеумен жүргізіледі. Физикалық модельдеу макеттерді құрғанда және зерттегенде үлкен шығындарға әкеледі. Сондықтан көбінесе есептеу техникасының әдістері мен құралдарын қолдану арқылы, математикалық модельдеу жүргізіледі. Сондай программалардың бірі -модельдеудің электрондық жүйесі **Electronics Workbench(EWB)**. EWB жоғары оқу орындарында (физика, электроника мен электротехника негіздері, автоматтар және есептеу техникасы және т.б) кең өріс алды.

EWB модельдеудің электрондық жүйесі зерттеушінің өлшеуші приборлармен жабдықталған, реальды жұмыс орнын тудырады. Оның көмегімен қарапайым және қиында аналогтық және цифрлық радиофизикалық құрылғыларды модельдеуге, құруға болады.

EWB анық түсіну үшін оның жұмыс істеу принципін түсіну керек:

- Windows операциялық жүйесінің негізгі жұмыс істеу принциптерін білу
- Негізгі өлшеу құрылғыларының жұмыс істеу принциптерін түсіну(мультиметр, осциллограф және т.б)
- Радиоэлектронды құрылғылардың жеке элементтерін білу [2]. (Сурет-4)



Сурет 4.

Осы оқыту әдістемесы жайлы көптеген шетел зерттеушілеріне шолып өтетін болсақ.

Модульдік оқыту модулінің идеясының пайда болуы 1960-жылдардың басында және 1970-жылдардың аяғында пайда болды. Американдық психолог С.Н.Послезвайт оқыту мазмұнының бірыңғай білім беру тұжырымдамасын әзірледі. Осы тұжырымдамаға сәйкес, автор аз шектеулі оқу материалдарын «автономдық бірліктер» қарастыруға және әртүрлі тегін сабақтарға енгізуге болатындығын айтты. С. Послезвайт бұл кішігірім бағыт екенін айтты. Алғашқы шағын курстар 1970-шы жылдары американдық университеттер мен колледждерде басталды. Модульдік оқыту ретінде оқу жоспары келесі пакеттерді қамтыды: «оқу пакеті», «оқыту пакеті» және «жеке оқыту пакеті». Модульдік оқыту Англия, АҚШ, Швейцария, Канада және басқа көптеген елдерде білім беру мекемелерінде кеңінен қолданылады. Ресейдегі модульдік білімнің алғашқы белгілері 1920-1930 жж. Еңбек Институтының орталығы (ЕИО) құрған кәсіптік білім беру тұжырымдамасы бойынша қарапайымі операцияларды бөлу және еңбек процесінде жүйелі қозғалыстардың модульдік принципіне негізделе отырып ұсынылды. Яғни, қысқа мерзімде арнайы оқу материалдарын меңгеріп, дағдыланып, үйреніп арнайы курстарға арналған жаттығулар орындалды. Осы жылдар ішінде 200 мамандық бойынша 200 білім беру ұйымдарында бір жарым миллион жастар білім алды. Модульдік оқыту технологиясының тұжырымдамасы американдық зерттеуші Дж. Расселдің жазған. Бұл жаттығу материалдарының тұжырымдамалық бөлігін қамтитын оқыту пакеттерінің жиыны. ЮНЕСКО тезаурусында бірнеше модульдік оқу туындылары келесідей: модульдік әдіс, модульдік жол, модульдік оқыту [2].

Бұл технологиялардың ұғымы мынадай:

- аралас бағдарламалау болуы жөн;
- оқу материалы блокты болуы керек;
- кері байланыс және тікелей;
- бақылау мен өзіндік бақылау бірігуі керек.

Елдерде, яғни ТМД елдерде модульді оқыту технология жүйесін зерттеген зерттеушілер Е.А.Ермоленко, М.А.Чошанов, П.Юцявичене, Т.И. Шамова, П.И.Третьяков және т.б.

Жанпейісова М.М., Қазақстан Республикасы ЖОО-дағы модульдік оқыту бойынша ғылыми технологиясын зерделеп және практика ретінде қолдануға ұсынған осы кісі болды. Толыққанды технологияны жасау, педагогикалық үдерісті құру, оқытуға бағытталған және нәтижелерді талдап мұғалімдерге оқыту барсында қолдану. Аналитикалық талдау жасап және студенттердің қателігін алдын алу. Жалпы білім беру педагогикасының технологиясын сенімді өсу динамикасын құру . Технологияны дамытуда жаңа технологияларды қалыптастыру. Бұл жоспар мұғалімге оқу жылында әдіснама ретінде қолдануға көмектеседі. Модульді оқыту қазірде кеңінен қолданылады. Модульдік оқыту технологиялысында бір тақырып бойынша жүйелі білім беріп,бөлек тараулар бойынша емес.

Бұл өзіңді жақсартуға, басқаларды үйретуге, кітаптармен жұмыс істеуге және көбірек білуге көмектеседі.

Модульдік оқытудың мақсаты, өздігінен іске асырылған бағдарламамен және дидактикалық жетістіктерге қол жеткізудің жетекші әдісін қамтитын ақырғы ақпараттық блокты сипаттайды. Модульдік оқытудың мақсаты - студенттің өз бетінше жұмыс істеу қабілетін дамыту, жеке оқыту әдістерінің көмегімен жұмыс істеу. Бұл технологияда мұғалім консультативтік кеңесші қызметін атқарады және студентке осы үдеріске белсенді қатысуға мүмкіндік береді. Студент оқыту әдісін таңдай алады. Бұл технология тақырыбы бойынша оқытуды ұйымдастырудың формасы мен әдістерін анықтайды. Сонымен қатар олар өздерінің әлеуметтік сұранысына байланысты олардың мазмұнына өзгерістер енгізе алады. Мысалы, Нейевтің айтуынша, оның оқу жұмысының нәтижелерін зерделеудегі жұмысының нәтижесі ретінде модульдік оқытудың тиімділігі туралы, эксперименталды, дамушы және ойлау әдістерін қалыптастырып түйіндейді.

Рубинштейннің тәжірибесі әрбір студенттің тәжірибесі ерекшеленетіні белгілі. Сондықтан бұл технология адамның ерекшелігіне байланысты оқу үрдісінде әдістерді қолдануды қамтиды. Мұнда студент курстың модульдік бағдарламасымен танысып, болашақта күтілетін нәтижелердің маңыздылығын түсінуі керек. Модульдік оқыту бағдарламасы қысқа, орта және ұзақ уақытта қол жеткізу бағыты көрсетіледі.

Мынадай модульдік оқыту қажет:

- ақпараттық материалдар;
- жеке модульдегі материалдың жоғары сапалығы;
- модуль элементтерінің даралығы;
- Ақпаратты және әдістемелік материалдарды оңтайлы жеткізу.

Мұғалім бағдарламаны жасаған кезде, білімгер топта оқытудың нысаны мен әдісін көрсетеді, бірақ оқу материалы командалық жұмысты талап етеді. Теориялық және практикалық білімді, білімгерлер тереңірек түсіндіру үшін қосымша әдебиеттерді ұсынады . Анықталмаған және қайталанатын тақырыптарды білімгер түсінбеген жағдайда қайтадан мүміндігінше түсіндіру. Модульдің әрбір элементі жеке параққа жазылады және ақпарат өзгерген жағдайда өзгертіліп отырады. Модульдік оқыту технологиясында оқу материалдары модульдер, диаграммалар, кестелер және басқа да бейнелер арқылы түсіндіріледі. Сыныпта студенттер шағын топтарға бөлініп, белсенді түрде жұмыс істейді. Бастапқыда оқушылар жаттығу материалдарын қайта жасауға тырысады, содан кейін дағдыланып қабілеттілігін жақсартуғ тырысады. Әрбір студент тыңдауға, оқуға, есте сақтауға, әрбір сабақты ойластыруға және автор ұсынған үш деңгейге жетуге тиіс.

Көптеген академиялық педагогтар модульдік оқыту технологиясын оқып жатыр. Л.Йоваиша мынадай модульдік оқыту әдістерін қарастырды:

- ақпараттарды оқыту әдістемесі (сұхбат, топтық тренинг, демонстрация,консультация, лекция, емтихан).

- операциялық оқыту әдісі (алгоритм, зертханалық жаттығулар, өзара сын).

- оқыту әдісі (мәселелерді талдау, тыңдау,шығармашылық сұхбат, миға шабуыл).

Өзін-өзі зерттеу әдісі (тыңдау, оқу).

Ақпаратты оқыту әдістемесін мұғалім оқушыларға жаңа ақпаратты түсіндіру үшін пайдаланады. Мысалы, сабақ барысында жоғары білімді мамандар осы тақырып бойынша баяндама дайындайды және сарапшының пікірімен толықтырылады. Студенттер сұрақтар қою арқылы қатысады. Операциялық оқыту әдісі студенттердің дағдылары мен көзқарастарын дамыту болып табылады. Мысалы, «видеоконфронтация» әдісі өзіне басқа адамның көзімен қарауды үйретеді. Мұнда студенттердің әрекеттері жазылатын камераға түседі, қайтадан студенттерге көрініс табып олар өз кемшіліктерін түзеуге тырысады. Мұғалім үнемі бағыт беруші ретінде нұсқаушы бола алады. Ізденімпаздық әдіснамасы оқушылардың қабілеттері мен қабілеттерін дамытады. «Іскер себет» әдісінде студенттер жеке тапсырмаларды себеттен алып, оларды жеке-жеке орындаумен айналысады. Тапсырма аяқталғаннан кейін студенттер барлық сұрақтарды бірге талдайды. Модульдік оқыту баланың шығармашылық қабілеттерін дамытуға көмектеседі. Модульдік оқыту технологиясы студенттерге өз міндеттерін орындауға, проблемаларды шешуге, өз пікірлерін қорғауға, олардың белсенділігін арттыруға және мақсаттарына қол жеткізуге мүмкіндік береді [3].

Модульдік оқыту технологиясы - жоспарланған нәтижелерге қол жеткізу үшін бірқатар маңызды іс-әрекеттер мен операцияларды тарату арқылы жүзеге асырылатын оқу үдерісі.

XXI ғасыр оқытушыларға белгіленген талаптар:

1. Жеке тұлға және өз көзқарасын қорғауға болатын адам болуы керек.
2. Психологиялық-педагогикалық білімдері мен дағдыларын меңгеру керек.
3. Студенттерді білім алуды жеке дара дағдыландыру
4. Ұйымдастыру, құрылымдық, адаптивті,сонымен қатар педагогика саласындағы тәжірибесі бар болуы керек.

Модульді оқыту технологиясының мазмұны:

1. Модульдік оқыту технологиясы.
2. Оқу модулінің кіріспесі
3. Оқу модулінің диалогі.
4. Диалогтың бөлігін анықтаудың негізгі кезеңдері.
5. Диалогтық бөлім құрудың принциптері.
6. Когнитивтік қызметті ұйымдастыруда студенттердің білім деңгейін есепке алу.
7. Шығармашылық және технология.
8. Оқу модулінің диалогтік бөлімінің ерекшеліктері.
9. Психологиялық атмосфера және оның диалогтік рөлі.
10. Диалогтық бөлім студенттік іс-шараларды ұйымдастыру
11. Ойындар арқылы оқыту.
12. Талқылау формалары.
13. Ойын технологиясы.
14. Диалогта зерттеу нәтижелерін бағалаудың мәні мен маңызы.
15. Оқу модулінде оқушылардың мінез-құлқын бағалау.
16. Прогресті бағалау.
17. Оқытудың нәтижелері. Бұл қайталау циклына негізделген педагогикалық технологиялық цикл.

Оның мазмұны:

1. Оқытудың мақсатын анықтау
2. Оқыту мақсатын анықтаудан нақты іс жоспарға көшу.
3. Білімгерлердің дәрежесін алдын-ала бағалау.
4. Оқытуда міндетті түрде тәртіп болуы керек.
5. Барлық нәтижесін бағалау.

Құрылымға байланысты оқыту процесі модульдік болады. Модуль кез келген жүйенің бір бөлігі болып табылады, яғни оқу процесі бөлек жеке тұрады, бірақ әртүрлі мазмұнымен. Оқудың модульдік технологиясы оқушыны ғана емес, сонымен қатар өзінің танымдық әрекеттерін ұйымдастырып, диалогтік қарым-қатынас негізінде оқу үрдісін құруға тиіс. Модульдік оқыту технологиясының құрылымы үш бөлімнен тұрады: кіріспе, диалог және қорытынды. Әрбір оқу модулі оқу бағдарламасының тарауына бөлінген сағаттардың санына байланысты сағат сайын әр түрлі сандарға ие. Зерттеулер көрсеткендей, 7-12 сағаттық оқу модулі ең тиімді болып табылады. Модульдің алғашқы ерекшелігі кіріспе бөлігі үшін 1-2 сағатқа дейін және соңғы бөлікке 2-3 сағат кетуі мүмкін, ал қалған барлық сағат тіл қатысу шарасында қолданылатын болады. Мысалы, егер модуль 9 сағатқа жоспарланған болса, кіріспе бөліміне бір сағат, 2 сағат аяқтау және диалогтық терезеде қалған 6 сағат қажет. Егер жаттығу модулі 12 сағат болса, 1 және 3 секциялардағы сағат сандары өзгеріссіз қалады және сандық ажырату 9 сағатқа беріледі. Бұл оқулық барлық оқушылар күрделіліктің 3 деңгейін игеру дағдысына,үйренуіне байланысты. Яғни, оқу модулінің мазмұны бойынша студенттер өз білімдерін негізгі білімін, қабілеттілігін көрсетуі керек. Бірнеше қайталау - қарапайымнан күрделіге дейін, репродуктивті тапсырмалардан шығармашылық ізденісіне дейін итермелейді. Бұл әрбір оқушыға оқу материалын деңгейден білім беру деңгейіне дейін меңгеруге мүмкіндік берді.

Ал оқытушы еңбегі төмендегідей тізбектен тұрады:

1. Оқушыларды оқыту мақсаттарымен таныстыру.
2. Сыныптағы модульді немесе тарауды таныстыру.
3. Материалды қысқаша оқыту (диаграмма, графика, кесте және т.б.).

есеп беру немесе зерттеу түрінде).

4. Студенттердің когнитивтік белсенділігінің когнитивті негіздемесі
5. Әр сабақта студенттің жұмысын бағалау, оқу материалдарын жалпыға қарағанда 4-7 есе көп қайталап оқыту.
6. Тарау, аяғында тест алу.
7. Тарау бөлігінде диктант, бақылау,т.б., алу.

Әрбір жаңа оқыту технологиясы оқытудың теориясындағы субъектілердің қарым-қатынасын өзгертетін жаңа серпін қалыптастыруға тырысады.Ол жаңа контент пен жаңа функциялар үшін қажетті оқыту құралдарын өзгертуге бағытталған. Осы оқыту технологиясының мақсаттарының ерекшеліктерін анықтап, нәтижесін көру.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1 Мартынов Д.В., Смольникова И.А. Многоцелевое использование электронных презентаций и требования к ним. / 15-я Международная конференция-выставка «Применение новых педагогических технологий» М.: Троицк, 2004. – с.164-166.

2 Осин А.В. Мультимедиа в образовании: контекст информатизации. – М.: Агенство Идеальный сервис», 2004 – 320 с

3 Искусство схемотехники / Хоровиц П., Хилл У. — М: Мир, 1993 — 413 с.

4 Утешкалиева Қ.Ж. Жаңа оқыту технологиялары. URL: http://zkoipk.kz/ru/nisconf2s/700-conf.html

УДК 553.7
ГРНТИ 30.17.35

N.M. Shayakhmetov[1], M.B. Kurmanseiit[2], D.E. Aizhulov[3]

[1,2,3]PhD student, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

MODELING OF THE MINERAL LEACHING PROCESS BY IN-SITU LEACHING METHOD

Abstract

Authors study the mining of minerals using the in-situ leaching method. In-Situ leaching method is based on the injection of acid by wells, leaching of solid minerals by acid and production of mixture with certain concentration of mineral. Mixture of injecting acid (sulfuric acid) and water is called leaching-solution, mixture of mineral with leaching-solution is called pregnant-solution (uranyl-sulfate). Mining mineral is complex compound of uraninite. Mathematical modeling was carried out on the basis of the law of mass action and the kinetics of chemical reactions. Mathematical model allows to determine zones with insufficient concentration of leaching solution, residual solid mineral.

Key words: minerals extraction, in-situ leaching, uranium mining, chemical modeling, field design, field forecasting, kinetics of chemical reactions, law of mass action.

Аңдатпа

Н.М. Шаяхметов[1], М.Б. Құрмансейіт[2], Д.Е. Айжулов[3]

[1,2,3]PhD студент, әл-Фараби атындағы қазақ ұлттық университеті, Алматы,қ. Қазақстан

ҰҢҒЫМАЛЫ ЖЕРАСТЫ ШАЙМАЛАУ ӘДІСІМЕН МИНЕРАЛДЫ ШАЙМАЛАУ ПРОЦЕССІН МОДЕЛЬДЕУ

Авторлар минералды ұңғымалы жерасты шаймалау әдісімен өндіруді зерттейді. Бұл әдіс қышқылды ұңғымалар арқылы кен қабатына айдауда, қышқылмен қатты минералды шаймалауда және белігілі минерал концентрациясы бар ерітіндіні өндіруде негізделген. Айдалатын қышқыл (күкірт қышқылы) мен судың қоспасы сілтісіздендіру ерітіндісі деп аталады, минерал мен сілтісіздендіру ерітіндісінің қоспасы өнімді ерітінді (уранил-сульфат) деп аталады. Өндірілетін минерал – уранинитты кешенді қоспасы. Математикалық модельдеу әсер етуші массалар және химиялық реакциялардың кинетикасы негізінде жүргізілді. Математикалық модель сілтісіздендіру ерітіндісінің концентрациясының жеткіліксіз аймақтарын, қалдық минерал бар аймақтарды анықтауға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: минералы өндіру, жерасты шаймалау, уранды өндіру, химиялық модельдеу, кен орынды жобалау, кен орынды болжау, химиялық реакциялардың кинетикасы, әсер етуші массалар заңы.

Аннотация

Н.М. Шаяхметов[1], М.Б. Курмансейит[2], Д.Е. Айжулов[3]

[1,2,3] PhD студент, Казахский национальный университет им.аль-Фарби, г.Алматы, Казахстан

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ МИНЕРАЛА МЕТОДОМ ПОДЗЕМНОГО СКВАЖИННОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

Авторы изучают добычу минерала методом подземного скважинного выщелачивания. Данный метод основан на закачке кислоты в рудносный пласт по скважинам, выщелачивании твердых минералов кислотой, и добыче раствора с определенной концентрацией минерала. Смесь закачиваемой кислоты (серная кислота) и

воды называется выщелачивающий раствор, смесь минерала с выщелачивающим раствором называется продуктивный раствор (уранил-сульфат). Добываемый минерал это комплексное соединение уранинита. Математическое моделирование проводилось на основе закона действующих масс и кинетики химических реакций. Математическая модель позволяет определить области с недостаточной концентрацией выщелачиваюшего растовора, остаточного минерала.

Ключевые слова: добыча минерала, подземное выщелачивание, добыча урана, химическое моделирование, проектирование месторождений, прогнозирование месторождений, кинетика химических реакций, закон действующих масс.

Introduction

Kazakhstan, has be a leader in uranium mining since 2009 and annually increases the volume of production [1] (figure 1).

However, to date, the uranium mining sector of Kazakhstan does not use mathematical modeling methods that allow monitoring and managing the uranium mining process by underground leaching. Kazatomprom mines using the Groundwater Modeling System (GMS) which originally designed to study the migration of contaminants in the soil and can not take into account the detailed chemical kinetics of the leaching process of uranium by the leaching solution. The methods of modern computational mathematics and information technologies make it possible to design optimal technological processes for in-situ leaching.

It should be noted that the cost of uranium production is formed from mining and preparation (50 -55%), drilling of wells (15-20%), consumption of leaching solution (10-20%), repair and maintenance of uranium deposits by the method of in-situ leaching, restoration work (10-15%)[2].

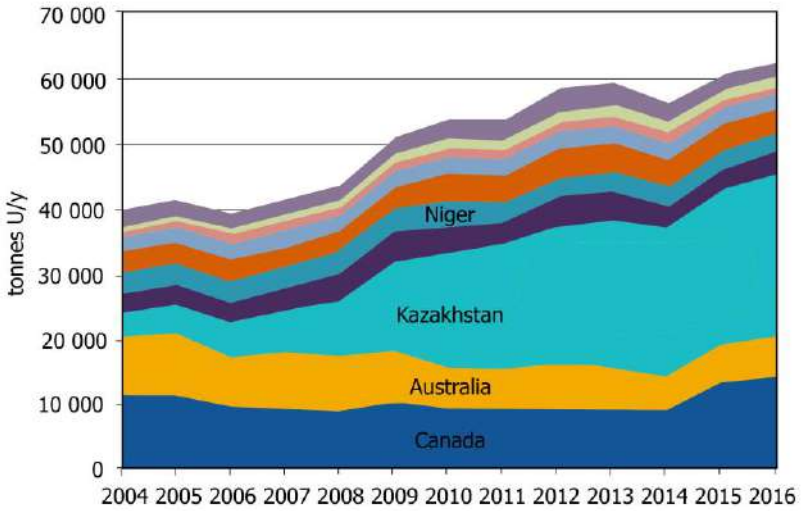


Figure 1. Uranium production chart by countries [1]

The consumption of sulfuric acid in the deposits of Kazakhstan depends on the mineralogical properties of the deposit and the effectiveness of the well pattern and equal to 50-150 tons per ton of uranium [3]. Reducing the reagent consumption by 5-10% by determining the optimal location of the wells and the effective regulation of the well network with the help of the developed complex will save 50,000-350,000 tons of acid per year at current production volumes

In-situ leaching method

The method of in-situ leaching is based on injection of leaching solution into an ore-bearing layer and production of pregnant solution with a certain concentration of the product (uranium) in the solution. This process is continuous from the time the field is put into operation until the time when the deposit is taken out of operation [4].

The development of the deposit consists of several stages:

1) Geological and geophysical exploration of the deposit. At this stage, the ore deposit is searching on the basis of studies of the geological history of the considered region, determination of the possibility of occurrence and methods of geophysical research. Exploratory wells are drilled for a more accurate determination of the shape and location of the ore deposit. Further on, based on the methods of geostatistics,

geological model of the deposit is constructed, that allows to determine the mass and volume of the ore deposit for the calculation of reserves [5].

2) Design and forecasting. The most optimal well pattern is chosen for the field design. At the moment, on the basis of experimental and numerical studies, the best and most well-recognized are the cellular and linear well patterns. Using of methods of forecasting of field development, costs, amount of work and economic profitability of the extraction are determined [6].

3) Drilling of technological wells. On the basis of the field project, drilling of technological wells and refinement of the geological model are carried out using geophysics of drilled technological wells. It is also possible changes well pattern of deposit [7].

4) Commissioning of the deposit is carried out on the basis of forecasting of the field, where the optimum flow rates of injection wells are determined. In the drilled technological wells, a leaching solution is injection for acid treatment of solid components (minerals) and further extraction from production wells [8].

5) Decommissioning of the field. Decommissioning is carried out to minimize the detrimental effect of exploitation on the environment and to remediate the operation field [9].

Proposed model allows to simulate process of mineral production and can be used in design and forecasting to predict economical profitability of field developing at different well patterns and regimes, at the stage of drilling of technological wells model can be used to define optimal well pattern properties, during commissioning of deposit model allows to understand process to take timely action to sustain production.

Hydrodynamic modeling

Mathematical model of the deposit must take into account the hydrodynamic and chemical processes taking place in the reservoir. Hydrodynamic modeling is carried out on the basis of the Darcy law [10], since the flow occurs in a porous medium:

$$\vec{U}\phi = -\frac{K}{\mu} grad\ P \tag{1}$$

where $\vec{U}$ – velocity, P – pressure in the formation, ϕ - porosity, μ - viscosity, K - permeability

Since the injected leaching solution is weakly compressible, the compressibility of the solution is not taken into account, therefore, the continuity law is used in the hydrodynamic model:

$$div\left(\vec{U}\phi\right) = \sum_{i=1}^{Ni} Q_i \delta(x-\xi_i, y-\zeta_i, z) - \sum_{p=1}^{Np} Q_p \delta(x-x_p, y-y_p, z) \tag{2}$$

$$\sum_{i=1}^{Ni} Q_i + \sum_{p=1}^{Np} Q_p = 0 \tag{3}$$

Q_p - rate of p-th production well, Q_i - rate of i-th injection well, Ni – number of injection wells, Np – number of production wells, $\delta(x-x_p, y-y_p, z)$ - Dirac delta function, which determines location of the wells and (x_p, y_p), (x_i, y_i) coordinates of wells.

Hydrodynamic modeling makes it possible to determine stagnant zones, and the optimal well patterns using streamlines. Hydrodynamic calculation allows us to determine a pressure and velocity fields, which using in the chemical modeling.

Chemical modeling

Chemical simulation is carried out using the law of mass action, which enters as a term in the equation of chemical reagent concentration [11]. The chemical model of the reactions was simplified for a qualitative assessment of the process [12]:

$$\text{Leaching solution} + \text{Solid mineral} \xrightarrow{k_1} \text{Pregnant solution}$$

Since leaching and pregnant solutions are in the liquid state, the following equations of state are developing for them:

$$\frac{\phi\partial C_{LS}}{\partial t} + \vec{U}gradC_{LS} - div\left(D_{LS}\ gradC_{LS}\right) = -k_1 C_{LS} C_{SM} + \sum_{i=1}^{Ni} Q_d \delta(x-\xi_i, y-\zeta_i, z) C_{LS}^0 - \\ - \sum_{p=1}^{Np} Q_p \delta(x-x_p, y-y_p, z) C_{LS} \tag{4}$$

$$\frac{\phi\partial C_{PS}}{\partial t} + \vec{U}gradC_{PS} - div\left(D_{PS}\ gradC_{PS}\right) = k_1 C_{LS} C_{SM} - \sum_{p=1}^{Np} Q_p \delta(x-x_p, y-y_p, z) C_{PS} \tag{5}$$

where, C_{LS}, C_{PS} is the concentrations of leaching and pregnant solutions respectively $\left[\frac{mol}{m^3}\right]$, D_{LS}, D_{PS} - diffusion coefficients of leaching and pregnant solution, k_1 - constant of reaction rate, C_{LS}^0 - concentration of leaching solution at injection wells.

For a solid mineral, the equation of state is written as follows, convection and diffusion terms are absent, since solid components do not move in space, and their concentration can change only due to chemical reactions:

$$\frac{\phi\partial C_{SM}}{\partial t} = -k_1 C_{LS} C_{SM} \tag{6}$$

where, C_{SM} - concentration of solid mineral $\left[\frac{mol}{m^3}\right]$

Problem statement

A test calculation of the problem of leaching a mineral in one cell with six injection and one production well was carried out. The well production rate is constant, this means that reversing of the wells is not taken into account and is set so that the total production rate of the injection and production wells is zero. The figure 1 shows a schematic location of the production (marked blue) and injection (marked red) wells, as well as the yellow is location of the solid mineral.

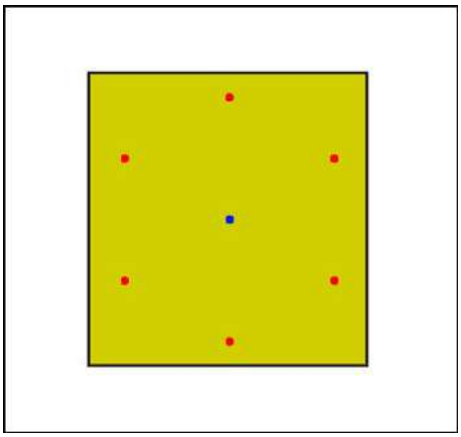


Figure 2 - Well and solid mineral location

The equation of the state for pressure is stationary and an initial approximation is set for it. Almost any condition can be placed on the boundaries, since the external boundaries of the computational domain were set in such a way that the influence of these boundaries was minimal. In this formulation, the following conditions for pressure was used:

$$P(0,y,t) = P(Lx,y,t) = P(x,0,t) = P(x,Ly,t) = P(x,y,0) = 0$$

At the initial time in the formation there is only a mineral in solid form, the leaching solution is injecting through wells with a certain injection rate, the pregnant solution can only appear due to the reactions between the solid mineral and the injected leaching solution. The initial conditions for the concentration of the mineral in the solid form, leaching and production solution are described below:

$$C_{LS}(x,y,0) = C_{PS}(x,y,0) = 0$$

$$C_{SM}(x,y,0) = C_{SMinit} = const$$

The boundary conditions for the concentrations of solutions and a solid mineral were same with boundary conditions for pressure:

$$C_{LS}(0,y,t) = C_{LS}(Lx,y,t) = C_{LS}(x,0,t) = C_{LS}(x,Ly,t) = 0$$

$$C_{PS}(0,y,t) = C_{PS}(Lx,y,t) = C_{PS}(x,0,t) = C_{PS}(x,Ly,t) = 0$$

Injection of the leaching solution is carried out on the basis of the Dirac function written above in equations (2), (4), (5).

Results

Calculation of the pressure and concentration distribution was conducted using Comsol Multiphysics software. Figure 2 shows the distribution of pressure:

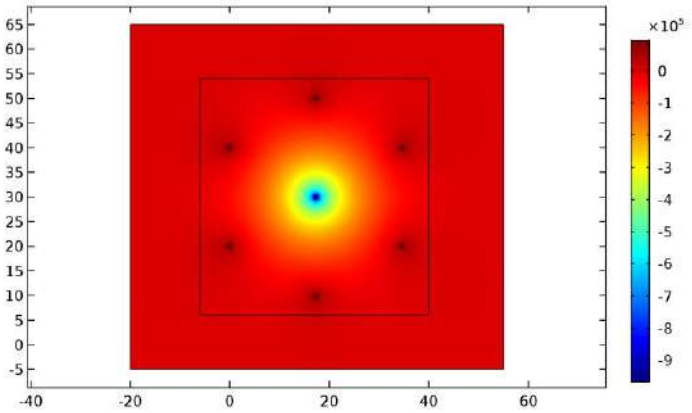


Figure 3. Pressure distribution in the computational domain

Also, solid mineral (figure 3), leaching (figure 4) and pregnant (figure 5) solution concentrations, were obtained for 10%, 15%, 25%, 50%, 100% of operation time of the artificial deposit.

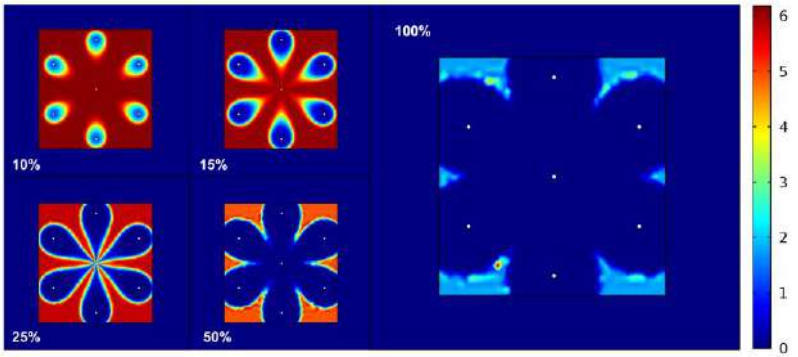


Figure 4. Distribution of the solid mineral concentration at 10%, 15%, 25%, 50%, 100% of the artificial deposit operation time

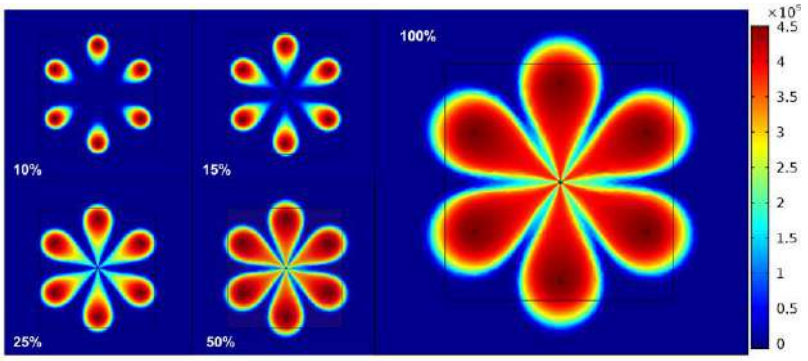


Figure 5. Distribution of the leaching solution concentration at 10%, 15%, 25%, 50%, 100% of the artificial deposit operation time

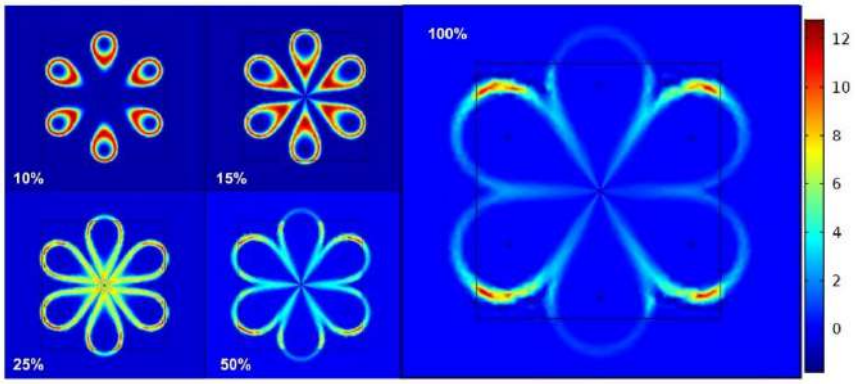


Figure 6. Distribution of the pregnant solution concentration at 10%, 15%, 25%, 50%, 100% of the artificial deposit operation time

Conclusion

A system of state equations was developed to simulate the process of minerals extraction by the in-situ leaching method, which consist of hydrodynamic model and chemical model. Using of hydrodynamic model allows to determinate velocity field to construct streamlines from injecting wells to production wells and define time when flow reach production wells.

Chemical model allows to determinate fields of leaching solution, pregnant solution and solid mineral concentrations at inner-well space and production wells. At macro scale, extraction rate, time of development, volume of leaching solution, total mass of produced mineral, cost of final product can be calculated.

Total model can be used to optimize process of commissioning, refinement of geological model, determining the consequences of deposit development after decommissioning, choose method of remediation etc.

Acknowledgments

This work was performed within the frame of program-targeted financing project № 2018/BR05236447 titled “Intelligent control and decision making systems for the development of uranium and oil deposits”

References

1 Boytsov A.V.. World uranium industry: state, development prospects, time challenges // Actual problems of uranium industry: Proceedings of VIII-th International Scientific and Practical Conference. – Astana, 2017. – p. 14-21.

2 Brovin K.G.. Forecast, prospecting, exploration and industrial evaluation of uranium deposits by in-situ leaching. – Almaty: Gylym, 1997. – 384 p.

3 Jaksybaev A.H., Dirakka A.. Managing the cost of production of LLP JV "Inkai" (experience) // Actual problems of uranium industry: Proceedings of VIII-th International Scientific and Practical Conference. – Astana, 2017. – p. 354-358.

4 Nietbayev M.A., Pershin M.E., Ermilov A.N., Uvarov A.D., Akopyan U.M., Kaysabekova B.M., Poezhaev I.P. Experience and perspectives on the involvement of technogenic and residual uranium ores in mining // Actual problems of uranium industry: Proceedings of VIII-th International Scientific and Practical Conference. – Astana, 2017. – p. 72-77.

5 Dahlkamp F.J. Uranium Deposits of the World, USA and Latin America. – Berlin: Springer-Verlag, 2010. – 218 p.

6 Kolosov I.L. Ways of acidification of the "Mynkuduk" deposit "Eastern" section and their features// Actual problems of uranium industry: Proceedings of VIII-th International Scientific and Practical Conference. – Astana, 2017. – p. 147-155.

7 Adams S.S., Cramer R.T.. Data-process- criteria model for roll-type uranium deposits. - Vienna: Geological environments of sandstone-type uranium deposits, report of the working group on uranium geology orginized by the international atomic energy agency. – 1985. – 415 p.

8 Petrov N.N., Yazikov V.G., Aubakirov K.B., Plekhanov V.N., Vershkov A.F., Lukhtin V.F. Uranium Deposits of Kazakhstan (exogenous). - Almaty: Gylym. – 1995. 82 p.

9 Tarkhanov A.B., Bugrieva Y.P. Krupneishye uranovye mestorozhdeniya mira (27 ed.). - Moscow: Minerals Journal under All-Russian Research Institute of Mineral Raw Materials. – 2012. 158 p.

10 Rubin J. Transport of reacting solutes in porous media: relation between mathematical nature of problem formulation and chemical nature of reactions // Wat. Resour. Res. 1983. V. 19, № 5. 1231-1252 p.

11 Bommer P.M. Mathematical Modelling of in-situ uranium leaching //Petrol Engng, 1979. – v. 19, N 6, –P 393-400.

12 Golubev V.S., Grabovnikov V.A., Krichivec G.N. About dynamics of in-situ leaching of minerals based on mathematical and physical modeling // Mathematical and physical modeling of ore-forming processes. – Moscow: MCSRI, 1978. -p. 122-142.

ИНФОРМАТИКА. ИНФОРМАТИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ. БІЛІМ БЕРУДІ АҚПАРАТТАНДЫРУ
ИНФОРМАТИКА. МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ИНФОРМАТИКИ. ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 004.43
ГРНТИ 20.01

Ж.Н. Абилханова [1], Ж.А. Бимолдина [2] Н.Ә. Аямбекова [3]

[1]Нархоз Университеті, аға оқытушы, Алматы қ., Қазақстан
[2,3]Нархоз Университеті, оқытушы, Алматы қ., Қазақстан

ҚАШЫҚТЫҚТАН ОҚЫТУДЫҢ ДАМУЫ: ЖАҢА ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫҢ ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЖОО-ДАҒЫ ӘСЕРІ ЖӘНЕ ҮЛЕСТІРІЛМЕЛІ ОҚЫТУ

Аңдатпа

Бүгінгі таңда еліміздің дамуының бірден-бір жолы ақпараттық технологияларды қолдану арқылы жаңа инновацияларды енгізу болып табылады. Қашықтықтан оқыту – оқытушы мен білім алушының әртүрлі арақашықтықта орналасуы арқылы жүргізілетін жаңа оқыту түрі. Жүйелілік тұрғысы қашықтан оқытудың көптеген компоненттерін: ғылыми-әдістемелік, әдіснамалық, педагогикалық, экономикалық және ұйымдастырушылық қарастырады. Аталмыш мақалада электронды университеттердің маңызды компоненттері қарастырылған, олардың қатарында оқытушының жеке офисі, студенттің жеке офисі, электронды бірлестікте басқару. Сонымен қатар, қашықтықтан оқыту технологиясының артықшылықтары мен ерекшеліктері және Қазақстанда қашықтықтан оқытуды дамытудың өзекті мәселелері көрсетіліп анықталған. Қашықтықтан оқыту білім берудің жаңа моделін құруға септігін тигізеді.

Түйін сөздер: қашықтықтан оқыту, электронды оқыту, электронды университет, қашықтықтан оқыту технологиялары.

Аннотация

Ж.Н. Абилханова [1], Ж.А. Бимолдина [2] Н.А. Аямбекова [3]
[1] старший преподаватель Университета Нархоз, г.Алматы, Қазақстан
[2]Нархоз Университеті, оқытушы, Алматы қ., Қазақстан
[3]Нархоз Университеті, оқытушы, Алматы қ., Қазақстан

РАЗВИТИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ: ВОЗДЕЙСТВИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ВУЗАХ КАЗАХСТАНА И РАСПРЕДЕЛЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ

Сегодня единственным способом развития нашей страны является внедрение новых инноваций с использованием информационных технологий. Дистанционное обучение – способ обучения на расстоянии, в котором преподаватель и учащиеся физически находятся в отдаленных друг от друга местах. Системный подход предусматривает рассмотрение многих компонентов дистанционного образования: научно-методического, методологического, педагогического, экономического и организационного. В данной статье представлены важные компоненты электронного университета, среди них личный офис преподавателя, личный офис студента, корпоративное электронное управление. А также определены особенности и преимущества дистанционных технологий обучения и перечислены актуальные проблемы развития дистанционного образования в Казахстане. Дистанционное образование способствует построению новой образовательной модели.

Ключевые слова: дистанционное образование, электронное обучение, электронный университет, дистанционные технологии обучения.

Abstract

THE DEVELOPMENT OF DISTANCE EDUCATION: IMPACT OF EMERGING TECHNOLOGIES IN TERTIARY EDUCATION OF KAZAKHSTAN AND DISTRIBUTED LEARNING

Abilkhanova Zh.N[1]., Bimoldina ZH.A[2]., Ayambekova N.A[3].
[1]Narhoz University, Senior Lecturer, Almaty, Kazakhstan
[2]Narhoz University, Lecturer, Almaty, Kazakhstan
[3]Narhoz University, Lecturer, Almaty, Kazakhstan

Today, the only way to develop our country is to introduce innovations using information technology. Distance learning – is a method of learning in a distance, where teachers and learners are physically located in different places.

The systematic approach provides consideration of all components of distance education: scientific-methodical, methodological, pedagogical, economic, and organizational. This article reveals the essential components of the electronic university: the student's office, the teacher's private office, and corporate electronic management. Also, the peculiarities and advantages of distance learning technologies are defined, and actual problems of distance education development in Kazakhstan are listed. Distance learning can contribute to the building of a new educational model.

Keywords: distance education, e-learning, e-university, distance learning technologies.

Introduction

The XXI century is the century of informational society when new information technology concerns all sides of social livelihoods and the educational sphere. With the development of computer technologies, the Internet, and means of communication, new opportunities to receive an education are appearing not only in traditional learning but also in distance education.

Distance education – is a method of learning at a distance, where teachers and learners are physically located in different places. Distance education in Kazakhstan was formally defined as a form of learning in 1999 through the promulgation of a Government gazette entitled "The Law of RK on Education." The first distance education project was created in 1999 with the co-authorship of the Ministry of Education of Russia and the Ministry of Education of Kazakhstan. This project was presented based on Tomsk State University and Kazakh State Pedagogical Institute. The main goal of this project was the elaboration and practical realization of forms and programs for training specialists with higher education [1].

Main part

Distance learning is a form of receiving education in which the best traditional and innovative methods, means, and forms of learning based on computer and communication technologies are used.

Distance education is a widely spread notion and is closely connected with distance learning. Distance education is considered to be the process of sending knowledge (under the responsibility of a teacher and education center), and distance learning is a process of receiving knowledge (under the responsibility of a learner and instructor-drafter of the subject).

Distance education technology (DET) becomes the instrument of "netting" education and one of the informatization indicators of the instructional process at HEI.

During the last decade, the government actively developed the legal framework for implementing distance learning. This work resulted in the adoption of state standards for distance education. According to the State Educational Standard of Kazakhstan, "Distance learning technologies (DLT) can be implemented in higher education institutions. These institutions need licenses for any educational activity in all educational programs were using DLT is not prohibited" [2].

Historically, in many countries, such as the Soviet Union, distance education was considered a correspondence course. However, now in Kazakhstan, distance education is recognized and accepted as a form of education as well as resident instruction and correspondence course, used for conducting educational process along with training information on paper medium, training audio-video materials, electronic and multimedia textbooks, television and computer training programs which can be sent via communication channels, including Internet.

From intercultural practice, it is known that students who obtain distance education (or internet education) are considered to be at the same level as graduates from traditional resident instruction in Europe and America.

"The State Program of Education Development in the Republic of Kazakhstan till 2020" defined a new stage of informatization of education. According to the program, by 2015, e-learning is planned to cover 50% of educational organizations, and by 2020, this figure shall be increased to 90%, which applies to all levels of academic organizations. As defined by the former Minister of Education and Science of Kazakhstan, Bakytzhan Tursinovich Zhumagulov, e-learning is a fundamentally new direction, which determines the methodology and platform for the transition of education to a new paradigm of training, as info-communicational interaction of subjects of the educational process. e-Learning prepares students for life in the information society, where almost all services will be electronic, and professional work won't be possible without the Internet, computers, and networks of social and professional communities. The introduction of e-learning in Kazakhstan creates comprehensive conditions for implementing the leading principle of education in the XXI century, as proclaimed by UNESCO: "*education for all*" and "*education through life*" - "*Life Long Educational (LLL)*" [3].

Nowadays, several realizational techniques of distance education are known: case-printed material, audio-video lectures, interactive netting computer education, electronic textbooks, multimedia tools, hypermedia tools, electronic (virtual) libraries, internet, and computer-controlled systems, Web-TV (video conferencing)—telecommunication via audio and video channels and computer nets, and many others. In general, it can be divided into online and offline learning.

Since DE has become a part of the education process, its usage must be regulated with definite requirements. In educational practice at the legislative level by Order of the Ministry of Education and Science of RK from 13.04.2010 №169, the organization of the education process at distance education was approved. This order supplements the State Obligatory Standard of Formation of the Republic of Kazakhstan 5.03.004-2009 "Training organization with the DET application. Basic provisions". In that context, DET means "training technology, implemented with the utilization of informational and telecommunication means at mediated (in the distance) or not fully mediated interaction between a learner and teacher."

Traditionally, DET is applied by HEI at training organizations in regional education centers. Its realization requires the appropriate equipment and software program for lectures, practical and seminar lessons, interactive courses, methodical recommendations for learning, and other materials for independent work.

In educational activities, distance technologies are also applied for the student's independent organization work in traditional training mode. The main tasks of implementing DET are providing students with the most comfortable environment for working with courses at any point and having access to the Internet (which increases the learners' motivation).

The advantages of distance education:

- It provides a unique opportunity for getting a second higher education without lifting off from work;
- It provides the student with an opportunity to select disciplines independently by their interest;
- Learners receive the same amount of information as full-time students do;
- It allows executing a task at any point, wherever he is.

Students' control of knowledge plays a significant role in this system. Throughout the whole academic year, the instructor-tutor controls the tasks for independent work in each module: its timely dispatch, performance, and timely inspection, makes up the graphics of student consultation in chat/forum, and controls their execution. Besides, distance education technologies provide an opportunity to use tools that support visual contact with the learners and the necessary degree of interactivity (Skype and video conferencing).

Traditional textbooks on paper carriers are being replaced by electronic textbooks that use visualization with interactive control modification settings. These textbooks allow you to create virtual platforms that imitate the reality of the production environment and evaluate the correctness of the task performances with errors and received rating points; all equipment and instruments of the virtual-interactive production platform are not different from the actual used in life.

Since technologies' availability and simple structure were important, powerful packages known as Learning Management Systems (LMSs) were developed to enhance learning in various environments [4]. Due to high fees, however, many LMSs, such as WebCT and Blackboard, require commercial support that language teachers cannot afford. To solve the problem, Moodle (Modular object-oriented dynamic/developmental learning environment) came out as an open-source LMS. Due to the ubiquity of the internet and the increased availability of network bandwidth, this powerful package attracted the interest of many educators worldwide [5].

Distance education may be used at organizations offering dual degree programs with foreign HEI and lifelong education organizations.

A systematic approach, first of all, provides consideration of all components of distance education:

- Methodological;
- Pedagogical;
- Scientific-methodical;
- Economical;
- Organizational.

The implementation of information technologies into the education system is not limited to the creation of e-learning and DET usage. This process goes significantly to a wider range: nowadays, many universities have moved to electronic management activities employing electronic university creation. Higher education institutions are conducting phased transformation work to electronic university based on specifically

elaborated program provision that allows conducting accounting and control over all structural units of universities in strict accordance with normative documentation. Students are provided with the opportunity to receive all essential information by "one window" principle in the "Student's private cabinet" of the university portal by education process organization rules by credit technology learning at the university, in particular:

– independent instructor selection;
– viewing personal individual lesson schedules for the whole learning period;
– interactive working with an instructor for the whole online and offline learning period (viewing the educational-methodological complex of disciplines (EMCD) of the instructor, having access to university electronic library resources and Republic intercollegiate electronic library);
– browsing personal academic achievement of every subject (current and total rating of discipline).
– In addition, students can view their academic achievement and lesson schedule on the direct access terminal in the university building. Indisputable advantages are also acquired by the university's professor-instructor membership via "Instructor's private office" on the university portal. It has the opportunity to:
– compile electronic EMCD for students;
– conduct a disciplinary group monitoring;
– monitoring of the individual lesson schedule with students' list attached (auditorium, campus, lesson time);
– independently carrying out electronic journal of current and midterm control accumulation for a specified period. Such an automated education managing system allows solving the issues of all HEI documents' accounting, employee engagement, control, and analysis of executive discipline. It creates the framework for productive and effective management of the learning process.

There are some actual issues with DET usage:

1. The imperfect legal and regulatory framework of distance education. DE is not a form of education but only technology, while worldwide, it is realized as an independent form of learning that provides high-quality knowledge not less than traditional full-time learning.
2. DE learners are offered the same requirements as learners of traditional full-time forms of learning in part of the material base while licensing the HEI by the Ministry of Education of the RK.
3. Isolation from the international community.
4. Lack of ability to communicate with native speakers.
5. Acquiring challenges of scientific-publicistic literature and fiction in a foreign language.
6. Access challenges to the radio and television broadcasted in foreign languages [6].

Conclusion

All these disadvantages are disposable, with collaborative effort of HEI teachers and the Ministry of Education and Science. Thus, distance education as one of the directions for information technology implementation into education process helps to build new educational model, to create new high quality education management system, in an open information society. These and many other issues should be solved in collaboration with scientists and teachers that deal with the problems of effective IT usage in educational process.

References

1 System of higher education in Kazakhstan: achievements and perspectives of development (2009). Ministry of education and science of the republic of Kazakhstan: country report [online]. Available from: http://portal.unesco.org/geography/es/files/10898/12353680055Kazakhstan.pdf/Kazakhstan.pdf. (Accessed 14 February 2012).

2 Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan. (2009) State Educational Standard of the Republic of Kazakhstan 5.03.004-2009 "Organization of learning for distance educational technologies", Astana.

3 Gul K. Nurgalieva. Model of Kazakhstan e-learning System. The 7th International Conference on Virtual Learning ICVL 2012. University of Bucharest and "Transilvania" University of Brasov. 433 p.

4 Melton, J. The LMS moodle: a usability evaluation. Language Issues: HCI, 2006. 3 P.

5 Cole, J. (2005) Using Moodle: Teaching with the Popular Open Source Course Management System. US: O'Reilly Media, Inc. 1.

6 Omarova S. P. Distance Education in Kazakhstan. 2016. Номер материала: ДВ-375240 https://infourok.ru/statya-distance-education-in-kazakstan-801670.html

УДК 002.6:37.016
ГРНТИ 20.01.45

О.С. Ахметова[1], М.Ф. Ирисбаева[2]

[1]п.ғ.к., доцент, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2] Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университеті, Информатика мамандығының магистранты, Алматы қ., Қазақстан

БОЛАШАҚ ИНФОРМАТИКА МҰҒАЛІМДЕРІНДЕ КӘСІБИ ҚҰЗЫРЕТТІЛІКТІҢ ҚАЛЫПТАСУЫ

Аңдатпа

Мақалада болашақ информатика мұғалімдерінің кәсіби құзыреттілігін қалыптастыру процесі қарастырылады. Зерттеуде болашақ информатика мұғалімдерінің кәсіби құзыреттілігін дамыту процесінің құрылымы, функциялары көрсетілген, жобалау әдістері мен педагогикалық жағдайлары ұсынылған. Автор информатика мұғалімінің «ақпараттық құзыреттілігі» тұжырымдамасының мәні мазмұнының мәселесіне жетекші ғалымдардың түрлі тәсілдерін талдайды. Мақала сондай-ақ информатика мұғалімінің кәсіби құзыреттілік жүйесі ұсынылған. Автор «болашақ информатика» мұғалімдерінің кәсіби құзыреттіліктерін қалыптастыру үшін үлгі жасау қағидаттарын айқындайды, сондай-ақ болашақ информатика мұғалімдерінің кәсіби құзыреттіліктерін дамыту үдерісінің тиімділігін ұйымдық-педагогикалық шарттар жиынтығымен қамтамасыз ете алатындығын анықтайды. Болашақ информатика мұғалімінің кәсіби құзыреттілігін қалыптастыру үдерісіне автор ұсынған технология төрт кезеңнен тұрады: теориялық-дайындық, мотивациялық, тәжірибе-дайындық, жобалық.

Түйін сөздер: модель, құзыреттілік, информатика мұғалімі, болашақ информатика мұғалімдерінің кәсіби құзыреттілігі, негізгі құзыреттілік, информатика мұғалімін кәсіби дайындау.

Аннотация

О.С. Ахметова[1], М.Ф. Ирисбаева[2]

[1] к.п.н., доцент, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан
[2] магистрант по специальности «Информатика», Казахского государственного женского педагогического университета, г. Алматы, Казахстан

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ У БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ИНФОРМАТИКИ

В статье рассматривается процесс формирования профессиональной компетентности у будущих учителей информатики. В исследовании раскрыты сущность, структура, функции процесса развития профессиональной компетентности будущих учителей информатики, представлены способы проектирования и педагогические условия. Автор анализирует различные подходы ведущих ученых к вопросу содержания сущности понятия «информационная компетенция» учителя информатики. В статье также представлена система профессиональных компетенций учителя информатики. Автор рассматривает сущность понятия «моделирование», раскрывает принципы построения модели процесса формирования профессиональных компетенций будущих учителей информатики, а также определяет, что эффективность процесса развития профессиональных компетенций будущих учителей информатики может быть обеспечена комплексом организационных и педагогических условий. Предложенная автором технология процесса формирования профессиональных компетенций будущего учителя информатики представлена последовательностью четырех этапов: теоретико-подготовительным, мотивационным, практико-подготовительным, проектировочным.

Ключевые слова: модель, компетенция, учитель, профессиональная компетентность будущих учителей информатики, ключевые компетентности, профессиональная подготовка учителя информатики.

Abstract

FORMATION OF PROFESSIONAL COMPETENCE AT THE FUTURE COMPUTER SCIENCE TEACHERS

Akhmetova O.S.[1], Irisbayeva M.F.[2]

[1] Cand.Sci. (Pedagogic), Associate professor, Abai University, Almaty, Kazakhstan
[2] Student of Master Programme, Kazakh State Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan

The paper discloses the author's approach to organizing the process of forming professional competence for future computer science teachers. This study uncovers the essence, structure, and functions of the development of professional

competence of future computer science teachers. The author considers the nature of the concept of "modeling," which discloses the principles of construction of a model of formation of professional competence of future teachers of Informatics and determines the efficiency of the process of development of professional competencies of future teachers of Informatics can be achieved by a complex of organizational and pedagogical conditions. The author proposed technology for the formation of professional competencies for future teachers of Informatics represented by a sequence of four stages: theoretical preparation, motivation, practice-preparatory, and design.

Keywords: model, competence, teacher of informatics, professional competence of the future computer science teachers, key competencies, professional training of the teacher of computer science.

Еліміздегі жаңа білім беру реформасы шығармашылық пен дамыған жеке тұлғаны қалыптастыруға бағытталған жаңа ұлттық үлгіні жасауды, «жалпыға арналған білімнен», «білім әркімге өмір бойы» үлгісіне көшуді мақсат етеді. Қазіргі замандағы мұғалімнің міндеті ғылым мен техниканың қарқынды дамып келе жатқан заманда өмір сүруге икемді, қоғам пайдасына қарай өзін - өзі толық жүзеге асыруға дайын білімді, шығармашылыққа бейім, құзіретті және бәсекеге қабілетті тұлғаны қалыптастыру. Бұл міндетті тек кәсіби білімі жетік, құзіретті, бәсекеге қабілетті ұстаздар ғана атқара алады. Мұғалімнің кәсіби құзіреттілігі оның білімінің жан - жақтылығы, ұстаздық шеберлігі, оқытудың жаңа әдістерін, инновациялық технологияны меңгеруімен өлшенеді. Мұғалім қаншалықты білімді шығармашыл болса, оның құзіреттілік қабілеті де кең болмақ.

Болашақ мұғалімнің қалыптасқан құзырлықтарды көрсетуге даярлық деңгейлерін бағалау үшін құралдарды таңдау көп жағдайларда жан-жақты болып табылатын «құзырлық» және «құзыреттілік» ұғымдарының мазмұнын таңдаумен байланысты. Бұл ұғымдарды кәсіби білім беру шеңберінде қарастыратын болсақ, оның мазмұнын төмендегідей анықтауға болады [1].

А.Ф.Присяжная педагогика ғылымында құзыреттілік - тұлғаның белгілі бір сферадағы функциялары мен уәкілеттігін анықтайтын, оның интегративті қасиеті ретінде қарастылатындығын айтады .

Жалпы алғанда, «құзыреттілік» ұғымы жайлы ғалым К.Құдайбергенова «Құзыреттілік ұғымы - соңғы жылдары педагогика саласында тұлғаның субьектілік тәжірибесіне ерекше көңіл аудару нәтижесінде ендіріліп отырған ұғым. Құзыреттіліктің латын тілінен аудармасы «competens» белгілі сала бойынша жан – жақты хабардар білгір деген мағынаны қамти отырып, қандай да бір сұрақтар төңірегінде беделді түрде шешім шығара алады дегенді білдіреді» деп көрсетеді.

Бұл жайлы Б.Тұрғынбаева «…өзінің практикалық әрекеті арқылы алған білімдерін өз өмірлік мәселелерін шешуде қолдана алуын – құзырлылықтар деп атаймыз» деп анықтаса, Ресей ғалымы Н. Кузьминаның көзқарасы бойынша, «Құзырлылық дегеніміз – педагогтің басқа бір адамның дамуына негіз бола алатын білімділігі мен абыройлылығы».

Ш.Таубаева: «Құзыреттілік – ол тұлғаның оқыту мен әлеуметтену процестері барысында меңгерген білім мен тәжірибеге негізделген, оның жалпы қабілеті мен іс-әрекетке даярлығы ретінде айқындалатын, тұлғаның кіріктірілген қасиеті» -деп қарастырылады. Педагогикалық қызмет табиғатында шығармашылықты талап ететіні белгілі қағида. Адамның шығармашыл мүмкіндіктерінің дамуы тұрғысынан интеллектуалды, эмоциалық, рухани потенциалының баюына, жетілдіруге, тануға ұмтылуға нақты жағдай туғызады. Осыған байланысты ұстаздардың кәсіби дайындығының мақсаты да өзгереді. Кәсіби құзыреттіліктің қалыптасу процесі кәсіби білімнің, біліктің, іс-әрекеттің қалыптасуын қамтиды, ұстаздың жалпымәдени дамуын, өзінің көзқарасының және тұлғалық кәсіби құнды қасиеттердің қалыптасуын қамтиды [2].

«Құзырлық» сөзі туралы қазақ тілі терминдерінің салалық ғылыми түсіндірме сөздігінде: «құзыр (компетенция) – жалпы алғанда қайсыбір тапсырманы орындауға қабілеттілік немесе бір нәрсені жасау» деп берілген. Латын тілінен аударғанда «құзырлық – өз ісін жетік білу, танымы мол, тәжірибелі» деген мағынаны білдіреді. Белгілі бір саладағы құзырлылықты меңгерген тұлға өз саласына сәйкес білім мен біліктілікпен қаруланған қандай да бір негізі бар ой - тұжырым жасайтын және тиімді әрекет ете алатын адамды есептеуге болады. Енді осы ұғымдардың мәнін тереңірек талдайтын болсақ онда «құзыр» - тұлғаның белгілі бір пәндер шеңберіне қатысты білімі, біліктілігі, дағдысы мен іс - әрекеті саласына сай құзырлықтарды меңгеруі. Құзырлылық белгілі сала бойынша жан - жақты хабардар, білгір деген мағынаны қамти отырып, қандай да бір сұрақтар төңірегінде беделді шешім шығара алады дегенді білдіреді. Кәсіби құзіреттілік деп педагогтың жеке бас салалары мен оның психологиялық – педагогикалық және теориялық білімнің, кәсіби біліктілігі мен дағдысының, тәжірибесінің бір арна тоғысуы деуге болады [3].

Кәсіби құзырлылықтың қатарына келесі қабілеттер жатады:

– Бағдарлы құзіреттілік (азаматтық белсенділік, саяси жүйені түсіну, баға бере білу, елжандылық);

– Мәдениеттанымдылық құзіреттілік (ұлттық ерекшеліктерді тани білу, өз халқының мәдениеті мен өзге ұлттар, әлем мәдениетін салыстыру, саралай білу қабілеті);

– Оқу - танымдық құзіреттілік (өзінің білімділік қабілетін ұйымдастыра білу, жоспарлай білу, ізденушілік - зерттеушілік әрекет дағдыларын игеру, талдау, қорытынды жасай білу);

– Коммуникативтік құзіреттілік (адамдармен өзара қарым - қатынас тәсілдерін білу, мемлекеттік тіл ретінде қазақ тілінде, халықаралық қатынаста шетел тілінде қатынас дағдылары болуы);

– Ақпараттық - технологиялық құзіреттілік (ақпараттық технологиялармен, техникалық объектілер көмегімен бағдарлай білу, өз бетінше іздей білу, таңдай, талдай білу, өзгерте білуді жүзеге асыра білу қабілеті);

– Әлеуметтік - еңбек құзыреттілігі (әлеуметтік - қоғамдық жағдайларға талдау жасай білу, шешім қабылдай білу, түрлі өмірлік жағдайларда жеке басына және қоғам мүддесіне сәйкес ықпал ете білу қабілеті);

– Тұлғалық өзін - өзі дамыту құзіреттілігі (отбасылық еңбек, экономикалық және саяси қоғамдық қатынастар саласындағы белсенді білімі мен тәжірибесінің болу қабілеті) [4].

Мұғалімнің кәсіби құзыреттілігі күнделікті педагогикалық қызметте әр түрлі танылады және әр түрлі іске асады. Мұғалімнің кәсіби құзыреттілігі деп, біз өзара байланыстыуш компонеттен тұратын тұлғаның қасиеттерін түсінеміз:

– педагогикалық қыметте жүзеге асатын кәсіби білім;

– кәсіби біліктілік;

– мұғалімнің кәсіби құнды қасиеттері.

Бұл үш компонент мұғалімнің тұлғасын дамыту мақсатымен біріктірілген, сонымен қатар әр компонент педагогикалық қымет үрдісінде бірде алғышарт, бірде құралы, бірде нәтижесі болып кызмет атқарады.

Кәсіби құзіреттілікті қалыптастыру үрдісі кәсіби білім, білік, дағдыны қалыптастыру, педагогтің жалпы мәдени дамуын, оның тұлғалық көзқарасын және кәсібимаңызды сапаларын қалыптастыруды білдіреді.

Кесте 3. Мұғалімнің кәсіби құзырлылығы модулі (А.К.Маркова бойынша)

Мұғалім еңбегінің жақтары		Еңбектің әрбір жағы үшін психологиялық модуль			
		Мұғалім еңбегі үшін объективті қажеттілер		Мұғалім еңбегінің психологиялық сипаттамасы	
		Кәсіби білімдер	Кәсіби-педагогикалық іскерліктер	Кәсіби ұстанымдар	Кәсіби-психологиялық ерекшеліктер
Еңбек процесі	Мұғалімнің педагогикалық іс-әрекеті				
	Мұғалімнің педагогикалық іскерліктері				
	Мұғалім тұлғасы				
Еңбек нәтижесі	Мектеп оқушыларының білімділігі				
	Мектеп оқушыларының тәрбиелілігі				

А.К.Маркованың кәсіби құзырлылықты, оның өзіндік іс-әрекеттік компоненті – іскерліктерді түсіндіру келісі, авторға іскерліктердің он бір тобын бөліп қана қоймай, сондай-ақ оларды мұғалім еңбегінің барлық жақтары үшін «жарып өткіш» қылуға мүмкіндік берді.

А.К. Маркова көрсеткендей, «кәсіп – бұл адам белгілі бір білім мен дағдыны меңгеруін және оған сәйкес қабілеттер мен кәсіби маңызды қасиеттер болуын қамтамасыз ету үшін қоғамға қажетті іс-әрекеттің тарихи пайда болу формасы деген»

Л.М. Митина өңдеп, дамытып отырған, «іс-әрекет- қарым-қатынас - тұлға» схемасының контексіндегі мұғалім тұлғасының моделі бес кәсіби маңызды сапаларға бөлінеді, олар педагогикалық қабілеттердің екі тобын айқындайды [5-6].

Кесте 4. Мұғалім тұлғасының моделі

Жорамалдаушы- гностикалық қабілеттер	Педагогикалық мақсатты ұйғару
	Педагогикалық ойлау
Рефлексивті-перцептивті қабілеттер	Педагогикалық рефлексия
	Педагогикалық әдеп
	Педагогикалық бағыттылық

Өзіне назар аудартатын жағдай, біріншіден, қабілеттердің өздері де тікелей іс-әрекет тиімділігін анықтаушы субъектілік факторлар ретінде бола алмайды, екіншіден, бағыттылық басқа да тұлғалық сапалармен қатар қойылған.

Информатика мұғалімінің кәсіби құзыреттілігі - мұғалімнің тұлғаның интегративтік сапасы, оның кәсіптік даярлау үдерісінде қалыптасатын маманның ішкі негізгі құзыреттіліктерінің жиынтығында көрінеді.

Болашақ информатика мұғалімінің болашақта университеттің жағдайында кәсіби құзыреттілігін қалыптастыру процесі көптеген негізгі қызмет түрлеріне сәйкес келетін жоғары деңгейдегі әмбебап және жалпыланған құзыреттілік ретінде қолданыстағы негізгі құзыреттерді дамыту жолымен жүреді.

Арнайы әдебиеттерді талдау және респонденттердің сауалнамасы болашақ информатика мұғалімінің біліктілігі үш негізгі құзыреттілікпен анықталады: ақпарат, бірінші кезекте кәсіптік және педагогикалық қызметтің контексінде маңызды болып табылатын ақпаратты құрылымдау бойынша қызметінде көрініс табады; педагогикалық процесті құруға дайындықты дамытуға және информатика негізіндегі оның мазмұнын дайындауға арналған жалпы талаптарды біріктіретін, өнімді педагогикалық өзара іс-қимылды ұйымдастыру міндеттерін іске асыратын коммуникативті.

Болашақ информатика мұғалімінің кәсіби құзыреттілігін дамытудың перспективалы бағыттарының бірі кәсіби бағдарланған дидактикалық ақпараттық ортаны жобалау болып табылады.

Педагогикалық университеттің ақпараттық-дидактикалық ортасы университеттің ақпараттық және білім беру кеңістігінің бір бөлігі болып табылады, білім беру процесінің субъектілерінің білім беру қызметін ұйымдастыру және өзін-өзі ұйымдастырудың ажырамас жүйесі болып табылады және болашақ мұғалімдерді стандарттауды қамтамасыз ететін және сапалы білім алуға мүмкіндік беретін ақпараттық-педагогикалық ресурстар арқылы оқыту үрдісін жүзеге асырады [7-8]. Ақпараттық ресурстар дидактикалық қоршаған ортаны білім және ақпараттық базасы, ақпараттық-іздеу және ақпараттық және анықтамалық жүйелер, автоматтандырылған кітапхана жүйелері, электронды журналдар, сараптамалық жүйелер, автоматтандырылған курстар, оқыту жүйесі, автоматтандырылған зертханалық-практикалық, компьютерлік тренажерлар, қызметінің білім беру және ғылыми бөлімшелерінің автоматтандырылған басқару жүйелері болып табылады жоғары мектеп, сондай-ақ ақпараттық ресурстарды осы түрлерін дамыту үшін мамандандырылған құралдары.

Педагогикалық университеттің ақпараттық-дидактикалық ортасының құрылымдық компоненттері:

– *материалдық-техникалық,* білім беру үрдісін ұйымдастырудың пәндік және материалдық жағдайларын, білім берудің электрондық коммуникация құралдарын білдіреді;

– *пәндік-әдістемелік,* білім беру стандарттары, білім беру бағдарламалары, компьютерлік бағдарламалар, оқу-әдістемелік әдебиеттер жүйесін қамтиды;

– *пәндік-басқару,* компьютерлік техниканы пайдалану кезінде білім беру қызметін ұйымдастырудағы өзара әрекеттестікте білім беру процесінің субъектілерін (мұғалімдер мен студенттерді) тарту сипатын анықтайды [9].

«Құзырлылық – тек кәсіби білімі емес, тұлғаның жалпы мәдениеті мен шығармашылық әлеуетін дамыту қабілеті»- деп түйіндейді белгілі оқымысты Т. Г. Браже. Сондықтан бүгінгі ұстаз тек кәсіби білімін толықтырып қана қоймай, үнемі шығармашылықпен жұмыс жасауы қажет.

Қазақстан Республикасының «Білім туралы» заңында оқыту формасын, әдістерін, технологияларын таңдауда көп нұсқалық қағидасы бекітілген, бұл білім мекемелерінің мұғалімдеріне өзіне оңтайлы нұсқаны қолдануға, педогогикалық процесті кез келген үлгімен, тіпті авторлық үлгімен құруға мүмкіндік береді. Қазіргі оқытудың жаңаша технологиясын меңгерудің өзі ұстаздан шығармашылықты талап етеді. Ал шығармашылықпен жұмыс жасау үшін мұғалім өзінің кәсіби

біліктілігін арттырып отыруы қажет. Мұғалімнің өз кәсіби қызметтерін шығармашылықпен атқаруына әр деңгейдегі әдістемелік жұмыстарды иновациялық бағытта ұйымдастырып өткізудің ықпалы мол. Біліктілігін арттырушы мұғалім өзінің білімін, жалпы дүниетанымын кәсіби және әдіснамалық деңгейін жоғарлатады, психологиялық – педогогикалық сонымен қатар әдістемелік сауаттылығын жетілдіреді. Ең бастысы бұл білімдер мен білік дағдыларды құзырлылық ұстанымдарының талаптарына сәйкес өздерінің меңгеруі және сол жолдар арқылы өздерінің ойлау жүйесін, шығармашылығын өнертапқыштығын, рефлексиялық машығының дамуына жол ашады.

Сол кезде ғана мұғалімнің өзіне-өзі бағ баға беру деңгейі артып, өзін-өзі анықтап, үздіксіз өзін-өзі дамытуға деген қажеттілік туады [10].

Білім-тоқтаусыз толассыз үрдіс. XXI ғасыр білімін біз адамның қызығушылықтарының дамуы, оның өзінің дамуы деп түсінеміз. Бұл әр адамның өзін-өзі жасампаздықпен қайта құра алуы, қоғамдық талаптар тұрғысынан өзіне сыни баға бере алуы, айналаны өзгерте алуға қатыса алуы. Ол арқылы адамның интеллектуалдық, рухани күші дамып, тұлғалығы қалыптасады. Білім – мұғалім үшін оның шығармашылық әлеуетін дамытудың үрдісі.

Даму да, білім де ешбір адамға қолдан беріле салмайды. Кімде кім оған қол жеткізгісі келсе әрекет етуі, күш салуы қажет. Бұл тұрғыдан алғанда кез келген білім-ол өз бетінше білім алу. Шығармашылық әлеуеттің дамуы өз білімін көтеруге негіз болады. Мұғалім шығармашылық әлеуетін дамыта отырып, өзінің құзіреттілік аясын кеңітеді. Кәсіби құзіреттілік маманның әлеуметтегі дәл осы уақыттағы қабылданған стандарттар мен нормаларға сәйкес өзінің кәсіби педагогикалық қызметін атқаруға дайындығы мен қабілетін анықтайтын кәсіби білімдер жиынтығы немесе жекелік-кәсіби сипаттама. Кәсіби құзіретті еңбек деп мұғалімнің педагогикалық әрекетті өте жоғары деңгейде атқара алуы, педогогикалық қарым-қатынасқа түсе алуы нәтижесінде оқушылардың білімділік және тәрбиелік деңгейінің жоғары болуы деп санаймыз.

Болашақ информатика мұғалімдерін оқыту процесін қарастыра отырып, бітірушінің құзыреттілік үлгісін жалпы мәдени, жалпы кәсіби және арнайы құзыреттілікті қалыптастыру деңгейімен сипаттау мүмкін. Егер құзыреттіліктің алғашқы екі түрі «педагогикалық білім беру» бағыты бойынша білім беру стандартымен анықталса, онда соңғы түрі әрбір пән бойынша ерекше және университеттің өзі анықтайды [11].

Болашақ информатика мұғалімдерін даярлау барысында арнайы кәсіби құзыреттілікті қалыптастыру деңгейі әмбебап оқыту әрекеттерін дамыту деңгейімен анықталады.

Сонымен, кәсіби құзырлылық бұл мұғалімнің біліктілігін арттыру, қоғам алдындағы жауапкершілікті сезіну, жоғарғы деңгейге үнемі ұмтылу мен үнемі ізденіс, жаңашылдығы мен жаңалықты қабылдай білуі мен қолдана білу, адами құндылықтарға сай бола отырып, сол құндылықтарды балаға сіңіре білу.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1 *Байжуманова Н. С. Мұғалімнің кәсіби құзыреттілігі // Білім әлемінде. - 2008. - № 5. - С. 33-36.*

2 *Введенский В.Н. Моделирование профессиональной компетентности педагога // Педагогика. 2003. № 10. С. 51-55.*

3 *Жүсіпова Ж.А . Педагогикалық шеберлік. //Алматы, 2011*

4 *Зимняя И.А. Педагогикалық психология:// Орыс тілінен аударған М.А. Құсаинова. М.: Логос; Алматы: TST-company, 2005. – 368 б.*

5 *Злотникова И.Я. Формирование информационной компетенции будущего учителя-предметника в педагогическом вузе // Педагогическая информатика. 2004. № 1. С. 40 -45.*

6 *Қ.М. Нағымжанова. Оқыту технологияларын таңдау және мұғалімнің кәсіби-педагогикалық мәдениеті. Ж.К. Аубакирова. Педагогикалық қарым-қатынастың психологиялық-педагогикалық негіздері. // «С. Аманжолов оқулары - 2005» атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференцияның материалдары. Өскемен 2005. - 538 б.*

7 *Құдайбергенова К.А.. Құзырлылық – тұлға дамуының сапалық критерий // «білім сапасын бағалаудың мәселелері: әдіснамалық негізі және практикалық нәтижесі» атты халықаралық ғылыми – практикалық конференцияның материалдары. 2008. 30- 32-б.*

8 *Лебедева М.Б., Шилова О.Н. Что такое ИКТ-компетентность студентов педагогического университета и как ее формировать // Информатика и образование. 2004. № 3. С. 95-100.*

9 *Нұрғазиева Н. М. Шығармашылық әрекеттегі мұғалімнің кәсіби құзыреттілігінің аспектілері // Бастауыш мектеп. - 2010. - №11. - С. 58-60*

10 *Устемиров К. Шаметов Н.Р. Васильев И.Б. Профессиональная педагогика. // Алматы 2005.- 432 с.*

11 *Хуторской А.В. Современная дидактика. // СПб., 2001. 544 с.*

УДК 621.397:004.738
ГРНТИ 49.38.49

Б. Бакытбек [1], Ж.Ж. Кожамкулова [2], Г. Оралбаева [3], Н. Саркынов [4]

РАЗРАБОТКА СОВРЕМЕННОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТОРГОВЛЕЙ НА БАЗЕ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА

[1,3,4] магистрант, Казахский Национальный Аграрный университет, г.Алматы, Казахстан
[2] PhD, Казахский Национальный Аграрный университет, г.Алматы, Казахстан

Аннотация

В статье рассматриваются проблемы, с которыми сталкиваются владельцы и пользователи интернет-магазинов, выделяются основные критерии успешности интернет-магазина, описываются средства разработки web-сайтов. В настоящее время интернет становится все более развитой средой для осуществления коммуникаций с потребителями. В то же время существенным является и тот факт, что Интернет становится удобной и достаточно дешевой «торговой площадкой». Все большее количество фирм старается представить свою продукцию в on-line среде. Такое представление не ограничивается только лишь созданием промо-сайтов и размещением рекламных баннеров и статей в электронных журналах и на информационных порталах. С развитием интернет-среды развивается и само предложение. Теперь люди могут не только получать интересующую их информацию, но и совершать покупки. При этом с помощью интернет-магазинов можно приобретать товары совершенно разных категорий, как элементарные потребительские, так и высокотехнологичные.

Ключевые слова: интернет магазин,web-сайт, автоматизированная система управления, электронная торговля, логистическая цепь,on-line среда, электронная торговля, система управления магазином(CMS).

Аңдатпа

Б. Бакытбек [1], Ж. Ж. Кожамкулова [2], Г. Оралбаева [3], Н. Саркынов [4]

ИНТЕРНЕТ-ДЕҢГЕСТІҢ НЕГІЗІНДЕГІ ЖАҢА АВТОМАТТЫҚ САУДА БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН ДАМЫТУ

[1,3,4] магистрант Казақ Ұлттық Аграрлық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2] PhD, Казақ Ұлттық Аграрлық университеті, Алматы қ., Қазақстан

Мақалада Интернет-дүкендердің иелері мен пайдаланушыларының алдында тұрған проблемаларды талқылайды, Интернет-дүкеннің жетістіктері үшін негізгі критерийлерді анықтайды, веб-сайттарды дамытудың құралдарын сипаттайды. Қазіргі уақытта Интернет тұтынушылармен қарым-қатынас жасау үшін дамып келе жатқан ортаға айналып келеді. Сонымен қатар, Интернеттің ыңғайлы және өте арзан «сауда платформасы» болу фактісі де маңызды. Көптеген компаниялар өз өнімдерін он-лайн ортада көрсетуге тырысуда. Бұл презентация тек жарнамалық веб-сайттарды құру және жарнамалық баннерлер мен мақалаларды электрондық журналдарда және ақпараттық порталдарда орналастырумен шектелмейді. Интернет-ортаны дамыту арқылы ұсыныс өзі дамып келеді. Енді адамдар өздері қызықтыратын ақпараттарды ғана ала алмай, сонымен қатар сатып алуды жүзеге асыра алады. Сонымен қатар, интернет-дүкендер арқылы сіз тұтынушылар мен жоғары технологиялық тауарлардың толық санаттарын сатып ала аласыз.

Түйінді сөздер: интернет-дүкен, веб-сайт, автоматтандырылған басқару жүйесі, электронды коммерция, логистикалық желі, on-line ортасы, электрондық коммерция, дүкенді басқару жүйесі (CMS).

Abstract

DEVELOPMENT OF THE MODERN AUTOMATED TRADE CONTROL SYSTEM AT THE INTERNET SHOP BASIS

Bakytbek B[1], Kozhamkulova Zh. Zh.[2], Oralbaeva G.[3], Sarkynov N.[4]
[1,3,4] Student of Master's Programme, Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan
[2] PhD, Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan

The article discusses the problems faced by owners and users of online stores, identifies the main criteria for the success of an online store, and describes the tools for developing websites. The Internet is becoming an increasingly developed medium for communication with consumers. At the same time, the fact that the Internet is becoming a convenient and relatively cheap "trading platform" is also significant. More and more companies are trying to present their products in an online environment. This presentation is not limited to creating promotional websites and placing advertising banners and articles in electronic journals and information portals. With the development of the Internet environment, the proposal itself is developing. Now, people can receive the information they are interested in and make

purchases. At the same time, with the help of online stores, you can buy goods of completely different categories, both basic consumer and high-tech.

Keywords: Internet shop, website, automated control system, e-commerce, logistics chain, online environment, e-commerce, store management system (CMS).

В современном мире тотальной информатизации и глобализации процессов, относящихся ко всем аспектам жизни современного общества, торговля тоже не стоит на месте. Сегодня для успешной торговли мало быть представленным только в одном городе, а открывать представительства в разных городах весьма накладно.

В настоящее время интернет становится все более развитой средой для осуществления коммуникаций с потребителями. В то же время существенным является и тот факт, что Интернет становится удобной и достаточно дешевой «торговой площадкой». Все большее количество фирм старается представить свою продукцию в on-line среде. Такое представление не ограничивается только лишь созданием промо-сайтов и размещением рекламных баннеров и статей в электронных журналах и на информационных порталах. С развитием интернет-среды развивается и само предложение. Теперь люди могут не только получать интересующую их информацию, но и совершать покупки. При этом с помощью интернет-магазинов можно приобретать товары совершенно разных категорий, как элементарные потребительские, так и высокотехнологичные.

Необходимо уточнить одну особенность отечественной практики интернет-магазинов. Дело в том, что многие продавцы, будучи знакомы с интернет-магазином лишь поверхностно, имеют частично ошибочные представления, связанные с принципиальными и глубинными основами электронной торговли. Приведем правильные трактовки основных ошибочных представлений:

1. Принципы электронной торговли не отличаются от принципов обычной торговли. Существуют некоторые особенности, но основа остается неизменным.
2. Интернет-магазин не является ни сайтом, ни программным движком. Интернет-магазин - это полноценное торговое предприятие, которое работает с покупателями посредством электронного каталога сайта (то есть сайта с программным движком) и организует доставку товаров.
3. Интернет-магазин требует постоянных вложений средств (как и любой бизнес), а не только на этапе разработки. Данные затраты содержат не только вложение в программную часть, но множество затрат торгового предприятия.
4. CMS (система управление магазином) - не преимущество, а жизненная необходимость. CMS должна быть качественной и, желательно, интегрированной со складской системой.
5. Работа интернет-магазина не самодостаточный процесс, ее необходимо постоянно контролировать и улучшать.

На рисунке 1 представлена схема прохождения заказа по логистической цепи интернет-магазина.

Рисунок 1. Схема прохождения заказа по логистической цепи интернет-магазина.

1. Оформление покупателем заказа на сайте интернет-магазина
2. Автоматическое попадание заказа с сайта в информационную систему
3. Автоматическое подтверждение заказа на E-mail покупателя
4. Автоматическое оповещение службы продаж о поступлении нового заказа
5. Запрос службы продаж к информационной системе о состоянии склада

6. Обмен между складом и информационной системой о текущем состоянии запасов
7. При отсутствии требуемого товара на складе генерация запроса в службу закупок
8. Уведомление поставщика о планируемой закупке
9. Доставка заказа на склад
10. Ввод данных службой закупки о произведенной закупке
11. Передача заказа в службу доставки
12. Доставка заказа покупателю, прием денег
13. Прием покупателем заказа и подпись документов для службы доставки
14. Возврат службой доставки денег и документов
15. Присвоение заказу статуса «выполнен» и занесение его в историю заказов

Выбор инструментария

Web-сервер Apache. Данный комплекс программ позволяет запускать полноценный веб-сервер Apache с поддержкой PHP, Perl и сервер MySQL на машине, работающей под управлением всех современных операционных систем. Как правило, при установке не требуется никакой настройки, комплекс может использоваться даже неподготовленными пользователями. Тем не менее, он нашел применение не только для обучения азам web-программирования, но и для отладки интерактивных сайтов, программ, использующих базу данных MySQL, написанных на языках PHP и Perl [1].

Web-сервер Apache имеет несколько основных отличий:

– модульность и расширяемость. Нет необходимости скачивать многомегабайтные дистрибутивы отдельных компонентов. Базовая версия предлагаемого комплекса Apache+PHP+Perl+MySQL имеет размер всего около 3.1 Мб и при этом полностью функциональна;

– компоненты комплекса уже сконфигурированы для работы.

Конечно, для оптимизации работы и включения дополнительных возможностей необходимо редактировать конфигурационные файлы, но базовые возможности доступны сразу же после установки;

– программы, входящие в состав комплекса, написаны различными разработчиками. Компоненты предлагаемого пакета конфигурировались и тестировались для обеспечения полноценной работы в составе комплекса;

– PHP работает в качестве модуля веб-сервера Apache, что позволяет отлаживать программы авторизации пользователей и открывает доступ к ряду дополнительных возможностей.

2. Сервер баз данных MySQL. MySQL разработал Михаэль Видениус. MySQL - небольшой, компактный многопоточный сервер баз данных. MySQL характеризуется большой скоростью, ошибкоустойчивостью и легкостью в использовании. MySQL был разработан компанией TcX для внутренних нужд, которые заключались в быстрой обработке очень больших баз данных. Ядро, на котором сформирован MySQL, – набор подпрограмм, которые использовались в высокотребовательном окружении много лет. MySQL является идеальным решением для малых и средних приложений. Исходные тексты сервера компилируются на множестве платформ. Наиболее полно возможности сервера проявляются на Unix-серверах, где есть поддержка многопоточности, что дает значительный прирост производительности. В варианте под Windows MySQL может запускаться как сервис Windows NT или как обычный процесс. В то время, как MySQL все еще находится в разработке, это уже предоставляет богатый и полезный функциональный набор [1]. MySQL-сервер является бесплатным для некоммерческого использования, а также относительно небольшой и быстрой реляционной СУБД, основанной на традициях языка запросов SQL в стандарте ANSI 92, и кроме этого имеет множество расширений к этому стандарту, которых нет ни в одной другой СУБД:

– поддерживается неограниченное количество пользователей, одновременно работающих с базой данных;

– количество строк в таблицах может достигать 50 млн;

– быстрое выполнение команд. Возможно MySQL самый быстрый сервер из существующих;

– простая и эффективная система безопасности. Действительно очень быстрый сервер, но для достижения этого разработчикам пришлось пожертвовать некоторыми требованиями к реляционным СУБД.

3. Язык сценариев PHP. PHP («PHP: Hypertext Preprocessor») – это широко распространённый открытый ресурс-язык скриптинга (сценариев) общего назначения, который создан специально для Web и который можно внедрять в HTML.

Он серьезно отличается от скриптов, написанных на языках Perl или C - вместо написания программы с большим количеством команд для вывода HTML, вы пишете HTML-скрипт с некоторым количеством встроенного кода для выполнения каких-либо действий. Код PHP заключён в специальные начальный и конечный тэги (<? php…?>), что позволяет входить и выходить из «режима PHP».

PHP отличается от других подобных языков, типа клиентского JavaScript, тем, что код выполняется на сервере. Можно сконфигурировать web-сервер таким образом, чтобы он обрабатывал все HTML-файлы с помощью PHP, и реально пользователь не будет иметь способа определить, что было на самом деле.

Правильно оформленный веб-сайт – половина успеха для виртуальной торговли. Успешный интернет-магазин:

- легко находится в поисковике;
- имеет качественный, привлекательный для целевой аудитории дизайн;
- удобен и прост в использовании;
- дает полное и наглядное представление о товаре.

Интернет-магазин является полноценным торговым бизнесом и требует профессионального подхода. Сайт в данном случае играет роль интерфейса общения с покупателем. На сегодняшний день значительное количество интернет-магазинов неуспешны по причине неправильного и неполного подхода к бизнес-процессам интернет-магазина.

Чем проще обнаружить товар на полках, тем с большей вероятностью он будет приобретен. Это правило актуально, как для реальной, так и для виртуальной торговли. Сайт с неудобной, сложной навигацией многие потенциальные покупатели покинут в первые же минуты.[2]

Если список предлагаемых товаров меняется в зависимости от региона, это необходимо учесть при разработке сайта. Город (Астана, Алматы, Павлодар и пр.) или регион (Павлодарская область, Карагандинская область и пр.) покупатель должен выбрать еще до того, как начнет изучать ассортимент.

Меню, или список «отделов» магазина, располагается непосредственно в зоне видимости посетителя. Обычно это верхний левый, реже – правый угол страницы. Каждый пункт меню должен давать четкое представление о том, что будет представлено в разделе. Список подразделов, открывающийся при клике на ссылку первого уровня, не должен быть слишком длинным.

Здесь же, в верхней части страницы, стоит расположить вход в систему поиска. Хорошо, если вход в личный кабинет, список отложенных товаров («корзина»), проверка системы бонусов доступны одним кликом. Для других сервисов действует «закон трех кликов». Покупатель должен найти любой товар, кликнув мышью по ссылкам меню не более трех раз. Также простой и максимально доступной должна быть форма заказа.

Важно, чтобы клиент мог прочесть подробное описание продукта, но так же важно и показать товар лицом. Описание товара составляется таким образом, чтобы у клиента не оставалось вопросов. Способы и возможности применения, привлекательные и отличительные стороны, цвет, размер, материал, технические характеристики прописываются максимально подробно. Слова и словосочетания, соответствующие ключевым запросам поисковых систем, увеличивают количество посетителей магазина.[3]

Информацию о сроках доставки и способах оплаты можно разместить как отдельно, так и добавив к расширенному описанию товара. Фотографии продукции должны быть четкими и качественными, второсортное изображение дает основание сомневаться в самом товаре. Также важен размер изображения. Картинка-превью, являющаяся предлагаемого товара. Ссылкой на полноценное фото, хороший вариант.

Список использованной литературы

1 Качанов А., Ткаченко В., Головин А. Букварь по PHP и MySQL. – М.: Наука и техника,2010.

2 Котеров Д. Самоучитель PHP. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 576 с.

3 Джамса К., Кинг К., Андерсон Э. Эффективный самоучитель по креативному Web-дизайну. – М.: ООО «ДиаСофтЮП», 2012. – 672 с.

УДК 3:002.6
ГРНТИ 00.29

Ф.Т. Баянбай [1], А.Қ. Бейсен [2]

[1,2]Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университетінің «Информатика» мамандығының магистранты, Алматы қ., Қазақстан

ЗАМАНАУИ МҰҒАЛІМНІҢ БІЛІКТІЛІГІНЕ ҚОЙЫЛАТЫН ТАЛАПТАР

Аннотация

Қазіргі білім беру саласындағы басты міндет — білім мазмұнына жаңалық енгізудің тиімді жаңа әдістерін іздестіру мен оларды жүзеге асыра алатын жаңашыл мұғалімдерді даярлау. Сондықтан да заман ағымына сәйкес мұғалімдердің біліктіліктеріне қойылып отырған талаптар өте жоғары. Жаңашыл мұғалімдер педагогикалық қызметтің барлық түрлерін зерттеп, кез-келген педагогикалық жағдайда өзінің білімділігі, парасаттылығы, ақылдылығы, мәдениеттілігі, іскерлігі, шеберлігі арқасында шеше алатын, педагогикалық үдерістің нәтижесін жақсартуға ұмтылатын жаңашыл әрі шығармашылықпен жұмыс істей алатын жеке тұлға болуы керек.

Сонымен қатар, заман ағымына сай білікті мұғалім ақпараттық технологияларды да жетік білу қажет. Себебі, қазіргі білім беру саласындағы оқытудың озық технологияларын меңгермейінше сауатты, жан-жақты маман болу мүмкін емес. Жаңа технологияны меңгеру мұғалімнің интеллектуалдық, кәсіптік, адамгершілік, рухани, азаматтық және басқа да көптеген адами келбетінің қалыптасуына әсерін тигізеді, әрі өзін-өзі дамытып, оқу-тәрбие үрдісін тиімді ұйымдастыруына көмектеседі. Яғни қазіргі таңда жаңа технологияларды меңгеру жаңа тұрпатты мұғалімді қалыптастыруға қойылатын негізгі талап болып отыр.

Түйін сөздер: педагогика, біліктілік, талап, ақпараттық технология, білім, ғылым, жаңашыл мұғалім, оқушы, ақпараттандыру.

Аннотация

Ф.Т. Баянбай [1], А.Қ. Бейсен [2]

[1,2] магистрант Казахского государственного женского педагогического университа, г.Алматы, Казахстан

ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИЯМСОВРЕМЕННОГО УЧИТЕЛЯ

Основная задача сегодняшней образовательной сферы – подготовка современного учителя, который может найти и осуществить эффективный метод внедрения новизны в образовательную сферу. Поэтому требования к квалификациям учителей очень высока. Современный учитель должен быть индивидом, который исследует все виды педагогической деятельности, который может решить педагогическую задачу с помощью своего образования, интеллекта, ума, культуры, труда и профессионализма, а также который стремится улучшить результат педагогического процесса и который может работать с творчеством.

А так же современный профессиональный учитель должен владеть и информационными средствами. Потому что в наши дни невозможно быть профессионалом, не изучая передовые технологии в сфере образования. Изучение новых технологии содействует формированию интеллектуальных, профессиональных и других человеческих качеств, а также помогает саморазвитию и эффективно организовать учебно-воспитательный процесс. То есть в сегодняшние дни изучение информационных технологии основным требованием в формировании современного учителя.

Ключевые слова: педагогика, квалификация, требование, информационная технология, знание, наука, современный учитель, ученик, информатизация.

Abstract

REQUIREMENTS FOR THE QUALIFICATIONS OF A MODERN TEACHER

Bayanbay F.T.[1], Beisen F.R.[2]

[1,2] Student of Master Programme, Kazakh State Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan

The main task of today's educational sphere is preparing a modern teacher who can find and implement an effective method of introducing novelty into the academic sphere. Therefore, the requirements for teachers' qualifications are very high. The modern teacher must be an individual who studies all kinds of pedagogical activity and can solve pedagogical problems with the help of his education, intellect, mind, culture, work, and professionalism. He must also strive to improve the result of the pedagogical process and work with creativity.

A modern professional teacher should own information tools. Nowadays, it is impossible to be a professional without studying advanced technologies in the field of education. The study of new technologies promotes the formation of intellectual, professional, and other human qualities. It also helps self-development and effectively

organizes the educational process. Today's study of information technology is the main requirement in forming a modern teacher.

Keywords: pedagogy, qualification, requirement, information technology, knowledge, science, modern teacher, student, informatization.

Педагогикалық іс - өте нәзік, қасиетті іс. Ол тәрбиешіден сезімталдықты, балаға деген сүйіспеншілікті, бала жанын бірден танитын қырағылықты талап етеді. Бүгінгі мектептің басты міндеті - өзіндік ой- көзқарасын ашық айта алатын, өмірге бейім тұлға қалыптастыру болса, оған мұғалімнің шәкіртіне деген сүйіспеншілігі, оны тұлға ретінде бағалауы баланың адамдық қасиеттерінің дамуына басты кепіл бола алады.

XXI ғасыр — қатаң бәсеке ғасыры. Бұл ғасыр – марғаулықты көтермейтін ғасыр. Демек, әлемдік бәсекелестіктің жылдам дамуына ілесе алатындай білімді де тапқыр дара тұлғаның тағдыры біздің қолымызға аманат ретінде тапсырылып отыр. Аманатқа қиянат жасамау-халқымның ізгі ұлылық дәстүрі.

"... Адамзат үшін XXI ғасыр жаңа технологиялардың ғасыры болмақ, ал осы жаңа технологияларды жүзеге асырып, өмірге енгізу, игеру және жетілдіру - бүгінгі мектеп оқушылары сіздердің еншілеріңіз" деген болатын елбасымыз Н. Назарбаев.

XIX ғасырда өмір сүрген белгілі шығыстанушы Әбубәкір Диваев былай деген екен: «Білімнің нұры себілмейінше, бірде - бір озық ел бола алмайды». Егемен Қазақстанның гүлденген өркениетті ел болуы, бүгінгі жастардың көзі ашық, білімді азамат болып жетілуіне байланысты. Ал сол жастарды тәрбиелеуші, оларға білім беруші маңызды тұлға мұғалім болып табылады. Қазіргідей санның сапаға ауысуы кезеңінде, ұстаз алдында мынадай талап, міндеттер туындайды:

- ұстаздың алдымен өзінің білімді болуы;
- шәкірттерінен білімді талап етуші болуы;
- білімді тыңдаушы болуы;
- сонымен қатар білім жолындағыларды қолдаушы болуы.

Әр мұғалімнің алдындағы сәулелі мұраты - өз пәнінен білім беріп қана қоймай, әр баланы шығармашылыққа шыңдау, баланың өзіне деген сенімін туғызу.

Жоғарыда айтып өткендей, қазіргі кезде ақпараттық - коммуникациялық технологияны дамыту сапалы білім берудің бір бөлігі. Сонымен қатар, білім беру саласын, оқытудың әр түрлі техникалық құралдарын пайдаланусыз елестету мүмкін емес. Сондықтан, уақыт талабына сай білім мазмұнын жаңарту – бүгінгі күннің басты міндеті. Қазіргі жағдайда еліміздің білім беру жүйелерінде XXI ғасыр жастарына білім беру мен тәрбиелеу бағытында сан алуан жұмыстар жүргізілуде. Сол себепті, оқушыларға білім беруде жаңа оқыту технологияларын қолдану, инновациялық бағытта жұмыс жасау заман талабына сай талап етілуде. Ал, мұғалімнің негізгі ұстанған мақсаты - білімнің жаңа үлгісін жасап, белгілі бір көлемдегі білім мен білік дағдыларын меңгерту, оқу материалын қаншалықты деңгейде меңгергенін бақылаудың, оқу мен тәрбие үрдісін ұйымдастырудың сан түрлі жаңа әдіс - тәсілдерін іздестіру, жаңа технологияларды сабақта тиімді пайдалана білу. Соңғы жылдары ақпараттық - коммуникациялық заман ағымына сай күнделікті сабаққа компьютер, электрондық оқулық, интерактивті тақта қолдану айтарлықтай нәтиже беруде.

Білімді ақпараттану үдерісі болашақ мамандардан ұдайы ізденуді, ақпараттық-коммуникациялық технологияларды кәсіби саласында қолдана білуге машықтануды, қажет ақпаратты ақпарат көздерінен таба білу мен өңдеуді, шығармашылықпен ойлауды және шешім қабылдауды талап етеді.

Педагогикалық және ақпараттық-коммуникациялық технологияларды үйлестіру арқылы оқыту пікірталастыру, топтық жұмыс, рефлексияны, жаттығуларымен және әрекеттер жоспарымен жекеленген жұмысты біріктіре қамтиды. Бұл формалардың барлығы пән мұғалімі ретінде еңбегіңіздің тиімділігін арттыруға көмектесуді көздейді.

«Қазіргі заманда жастарға ақпараттық технологиялармен байланысты әлемдік стандартқа сай мүдделі жаңа білім беру өте қажет», – деп Елбасымыз Н.Ә.Назарбаев атап көрсеткендей, жас ұрпаққа білім беру жолында педагогикалық технология мен ақпараттық-коммуникациялық технологияны оқу үдерісінде үйлестіру мен тиімділігін арттырудың маңызы зор.

Олай болса, педагогикалық технология мен ақпараттық-коммуникациялық технологияны үйлестірудің ерекшелігі мыналар болып табылмақ:

- жаңа ақпарат беру;
- заманауи технологияны меңгерту;

- іздендіру;
- өз бетімен жұмыстарды орындату;
- ой-қиялын, сынай ойлауын дамыту;
- іскерлік пен дағдыны қалыптастыру;
- қызығушылықты, ынта-ықыласты арттыру;
- топпен жұмыс істеуді үйрету және т.б.

Қазір «Ғасырдың мектебі мен мұғалімі қандай болу керек?» деген негізгі сұраққа жауап ізделуде. Білім берудің ұлттық моделіне көшкен қазіргі мектепке ойшыл, зерттеуші, тәжірибелік қызметте педагогикалық үйлестіруді шебер меңгерген іскер мұғалім қажет екендігі аз айтылып жүрген жоқ. Қазір заман да, қоғам да өзгерген. Бүгінгі балалардың мақсаттары да, құндылықтары да, идеялары да бұрынғыдан мүлде басқаша. Өйткені олар – өзінің болашағына тиімділік тұрғысынан қарайтын, іскерлікке бейім, жоғары талап қоя білетін адамдар.

Олай болса, бұл қоғам кез келген педагогтан өз пәнінің терең білгірі ғана болу емес, теориялық, нормативтік – құқықтық, психологиялық – педагогикалық, дидактикалық әдістемелік тұрғыдан сауатты және ақпараттық компьютерлік технология құралдарының мүмкіндіктерін жан – жақты игерген ақпараттық құзырлығы қалыптасқан маман болуын талап етіп отыр.

Қазіргі пән оқытушыларының негізгі міндеті — білім беруді нәтижеге бағыттау, яғни инновациялық жаңа технологияны меңгеру болып табылады.

Жаңа формация мұғалімі – рухани адамгершілігі, рефлекцияға қабілетті, ақпараттық коммуникативтік, әлеуметтік–тұлғалық және басқа да құзырлылықтары қалыптасқан, шығармашыл ұстаз.

Сонымен қатар, жоғарыда айтылып өткендей Қазақстан Республикасының «Білім туралы» заңында: «Білім беру жүйесінің басты міндеті - ұлттық және азаматтық құндылықтар мен практика жетістіктері негізінде, жеке адамды қалыптастыруға және кәсіби шыңдауға бағытталған білім алу үшін қажетті жағдайлар жасау, оқытудың жаңа технологияларын енгізу, білім беруді ақпараттандыру, халықаралық ғаламдық коммуникациялық желіге шығу» - делінген.

Осыған орай бүгінгі ұстаздардың алдында оқушыға білім, білік дағдыларын игертіп қана қоймай, қабылдауын, ойлауын, қиялын, сезімдерін, яғни жан-жақты, азат, шығармашыл, өз бетімен бәсекеге қабілетті жеке тұлғаны дамыту міндеттері тұр.

Жаңа ғасырдың ақпараттық қоғамына қажетті жаңа тұрпатты мұғалім дайындау мәселесіне байланысты 2005 жылы 18 тамызда «Қазақстан Республикасындағы жаңа тұрпатты мұғалім даярлаудың үздіксіз педагогикалық білім беру тұжырымдамасы» және «Қазақстан Республикасындағы жоғары педагогикалық білім беру тұжырымдамасының» жобалары ұсынылды. Осы екі жобаның біріншісінде жаңа тұрпатты мұғалімге – рухани жетілген, шығармашылық қабілеті жоғары, өзіне сын көзбен қарай алатын, кәсіби дағдылары, педагогикалық дарыны бар, жаңашылдыққа ұмтылатын тұлға ретінде анықтама берілген. Мұғалім идеалы – білімнің құндылығын айқын түсінетін, «мәдениеті жоғары адам», өз пәнінің жетік шебері, педагогика мен психологияны терең меңгерген, жеке тұлғаға бағытталған педагоги-калық әдістерді қолдана алатын, өзін жеке тұлға ретінде дамытып, рухани өсуге деген қажеттілігі мол болуы тиіс делінеді. Кәсіпқой мұғалім өз пәнін жетік біліп қана қоймай, әрбір қатынасушының педагогикалық үдерістегі орнын білуі керек. Оқушылардың оқу-тәрбие жұмысын ұйымдастыра алуға қабілетті болып, оның нәтижелерін алдын-ала болжамдап көре білуі тиіс, болуы мүмкін ауытқушылық-тарды дер кезінде түзете алуы, яғни құзыретті тұлға болу керектігіне назар аударылады [19].

Жаңа тұрпатты мұғалім үш түрлі құзыреттілікке ие болуы тиіс*:* әдіснамалық, жалпы мәдени, пәндік-бағыттылық. Педагогикалық қызметтің шығармашылық бағытталуы, біріншіден, мұғалімге мамандығы үшін мәні бар күшті және әлсіз жақтарын (өзін-өзі тануын, эмоционалдық қалпын, коммуникативтік және дидактикалық қабілеттерін және т.б.) бағалай алуы; екіншіден, зияткерлік мәдениетін (ойлау, ес, қабылдау, зейін), мінез-құлық, қарым-қатынас, соның ішінде педагогикалық қарым-қатынасты меңгеруі; үшіншіден, қазіргі интеграциялық үдерістер, әлемдік білім берудің даму тенденцияларын бағдарлай алу сияқты мәселелерді қарастырумен байланысты.

Жаңа тұрпатты мұғалім ұғымының теориялық еңбектерде қарастырылу жайы, айтылған мәселелерді жүзеге асыру үшін жаңа тұрпатты мұғалімді қалыптастыруда ақпараттық технологияларды да қолданудың дидактикалық шарттары, ақпараттық технологияларды қолдану мазмұны сынды мәселелер өз шешімін табуды көздейді. Білім беруді дамытудың 2005-2010 жылға дейінгі мемлекеттік бағдарламасы бойынша бакалавриаттың халықаралық бағдарламаларының

құрылымы мен мазмұны үйлескен білім беру бағдарламалары жасалып, оқытудың кредиттік және қашықтықтан оқыту технологиялары жүзеге асады. Білім берудегі осындай өзгерістерге сәйкес жаңа тұрпатты мұғалім дәстүрлі оқыту формаларын ақпараттық-коммуникациялық, басқа да жаңашыл технологиялармен үйлестіріп жүргізе алуға қабілетті болуы керек деп есептеймін.

Қазіргі білім беру саласындағы басты міндет — білім мазмұнына жаңалық енгізудің тиімді жаңа әдістерін іздестіру мен оларды жүзеге асыра алатын жаңашыл мұғалімдерді даярлау. Жаңашыл мұғалімдер педагогикалық қызметтің барлық түрлерін зерттеп, кез-келген педагогикалық жағдайда өзінің білімділігі, парасаттылығы, ақылдылығы, мәдениеттілігі, іскерлігі, шеберлігі арқасында шеше алатын, педагогикалық үдерістің нәтижесін жақсартуға ұмтылатын жаңашыл әрі шығармашылықпен жұмыс істей алатын жеке тұлға болуы керек.

Жаңа тұрпатты мұғалім ұғымын психологиялық-педагогикалық әдебиеттерден жаңа типті мұғалім, жаңа буын мұғалімі терминдері түрінде кездестіріледі. Жаңа тұрпатты мұғалім анықтамасы 2005 жылғы 18 тамызда жарияланған «ҚР жаңа тұрпатты мұғалім дайындаудың үздіксіз педагогикалық білім беру тұжырымдамасы» және «ҚР жоғары педагогикалық білім беру тұжырымдамасында» бір мәселеге деген екі түрлі көзқарас көрсетілген. Екі тұжырымдама авторлары бір мәселені екі түрлі шешуді ұсынады. Дегенмен, бұларда бірін-бірі қайталайтын тұстар да баршылық. Жаңа тұрпатты мұғалімдерге қойылатын талаптардың «Жоғары педагогикалық білім» және «Жоғары педагогикалық білім беру құрылымы» бөлімдерінде олар бір-бірін қайталаған. Егер бірінші тұжырымдама негативті факторлар ретінде «бірін-бірі жалғастырып жататын білім беру стандарттары мен бағдарлама-ларын құруға ғылыми негізделген ұстанымның болмауын» атаса, екінші тұжырымдама авторлары «стандарттардың, типтік оқу бағдарламаларының жетілдірілмегендігін…» атайды. Осындай мысалдарды көптеп келтіруге болады. Сондықтан, осы екі тұжырымдама негізінде біреуін жасау қажеттігі сөзсіз.

Педагогикалық білім берудің ең жоғарғы мақсаты — жаңа тұрпатты мұғалімнің жалпы және кәсіби дамуының үздіксіз жүргізілуі. Бұл мақсатты жүзеге асыру кезінде маман-адам, азамат пен оның кәсіби білімі, іскерліктері мен дағдылары арасындағы үзіліп қалған байланыс қайта жалғасын табуы керек. Болашақ маманның жеке тұлғалық позициясын, оның кәсіби білімі мен іскерліктерін біріктіру жүзеге асуы жөн. Бұл біріктіру жалпы қосынды емес, сапалық жағынан жаңа құрылым болып, тұтастығы мен ішкі құрылымы жаңа типті мұғалім даярлау мен қалыптастыру мақсатын қоюға болады. Педагогикалық білім беру мақсаты, мұғалім тұлғасы мен кәсіби қызметінің инвариантты, идеалданған көрсеткіштері біліктілік сипаттамасының негізіне қойылатын профессиограммада ашылады. Біліктілік сипаттамасы типтік кәсіби педагогикалық міндеттер жүйесі түрінде құрылып, мұғалім тұлғасы мен кәсіби құзыреттілігіне қойылатын жалпы талаптарды құрайды [1].

Шебер мұғалім, біріншіден, халқымызға тән жастарымыздың бойында бар адамгершілік сипаттағы дүниетанымына, өз мәдениетіне, әдет-ғұрып, салт-саналарына, қол өнері мен педагогикасына арқа сүйейтіндігіне және ашық-жарқындығы мен бауырмалдылығына, яғни қазақ ұлтының басқа халықтардың құндылықтарын сіңіре алушылық қабілетіне ерекше назар аударған жөн. Екіншіден, өзі оқытатын пәнді терең меңгеруге міндетті. Үшіншіден, өздігінен білім алуға ынталы болуы керек. Мұғалімнің жеке басының үлгісі — кәсібилікпен біте қайнасқан қасиет болуы керек. Себебі, кез келген ұжымдағы қарым-қатынас мұғалімнің жеке басының үлгісімен тығыз байланысты. Сонымен жаңа тұрпатты мұғалім ұғымы соңғы жылдары жарияланған шетелдік және қазақстандық педагогика оқулықтарында, ғылыми зерттеулерде «жаңа типті мұғалім», «мұғалім идеалы», «шебер мұғалім» түрінде берілсе, «жаңа тұрпатты мұғалім» термині терең қарастырылмаған.

Жаңа тұрпатты мұғалім дегеніміз – кәсіби білім мазмұнын үздіксіз жетілдіріп отыратын, оқу үдерісін басқару қабілеті, сондай-ақ тұлғалық және кәсіби сапасы жоғары, озық технологияларды меңгерген, оны қалауынша пайдаланатын құзыретті тұлға.

Қазіргі білім беру саласындағы оқытудың озық технологияларын меңгермейінше сауатты, жан-жақты маман болу мүмкін емес. Жаңа технологияны меңгеру мұғалімнің интеллектуалдық, кәсіптік, адамгершілік, рухани, азаматтық және басқа да көптеген адами келбетінің қалыптасуына әсерін тигізеді, әрі өзін-өзі дамытып, оқу-тәрбие үрдісін тиімді ұйымдастыруына көмектеседі. Яғни жаңа технологияларды меңгеру жаңа тұрпатты мұғалімді қалыптастыруға қойылатын негізгі талап болып отыр.

Жаңа технологиялар, оның ішінде компьютер оқыту процесінің барлық этаптарында қолданылады: жаңа материалдарды түсіндіргенде, бекіткенде, қайталағанда, білімін, іскерлігін және

дағдыларын бақылағанда. Сонымен қатар оқушы үшін ол әр түрлі функцияларды атқарады: мұғалімнің, жұмыс құралдарының, оқыту объектісінің, ұжымның қызметін, ойын ортасын [2].

Мұғалім қызметінде компьютер:

- оқыту ақпаратының көзі (мұғалімді және кітапты жартылай немесе толық алмастыра алады);
- көрнекі құрал (мультимедиа және телекоммуникация мүмкіндіктерімен сапалы жаңа деңгейде);
- дербес ақпараттық кеңістік;
- тренажер;
- диагностика және бақылау құралдары.

Электрондық оқулықты пайдалану мұғалімнің де ғылыми-әдістемелік потенциалын дамытып, оның сабақ үстіндегі еңбегін жеңілдетеді. Оқытудың әр сатысында компьютерлік тесттер арқылы оқушыны жекелей бақылауды, графикалық бейнелеу, мәтіндері түрінде, мультимедиалық, бейне және дыбыс бөлімдерінің бағдарламасы бойынша алатын жаңалықтарды іске асыруға көп көмегін тигізеді [3]. Электрондық оқулықтарды қарапайым оқулықтарға қарағанда пайдалану ыңғайлы және оларда өзін – өзі тексеру жүйесі бар. Осы электрондық оқулықтың артықшылығы болып табылады. Сондықтан, өзін – өзі тексеру жүйесі оқушы мен оқытушының арасындағы байланысын алмастырады.

Электрондық оқулықтарды пайдалану оқушылардың, танымдық белсенділігін арттырып қана қоймай, логикалық ойлау жүйесін қалыптастыруға шығармашылықпен еңбек етуіне жағдай жасайды. Осы уақытқа дейінгі білім беру саласында тек мұғалімнің айтқандарын немесе оқулықты пайдалану қазіргі заман талабын қанағаттандырмайды. Сондықтан қазіргі ақпараттандыру қоғамында бұл оқулықтарды пайдаланбай алға жылжу мүмкін емес.

Оқыту үрдісінде оқыту әдістерін тиімді пайдалану, білім беру жүйесін тұтастай ақпараттандыру арқылы жаңа оқыту технологиясын енгізу оқыту процесінде толыққанды дамуына мүмкіндік жасайды. Оқыту процесінде компьютерге негізделген жеке әдістемелер оқу мақсаттары мен жағдайларына байланысты тиімді қолданылуы қажет [4].

Осылайша ақпараттық технологиялардың дамуы жаңа әдіс-тәсілдердің пайда болуына көмектеседі және сонымен бірге оның сапасын жоғарылатады. Электронды оқулық оқушының уақытын үнемдейді, оқу материалдарын іздеп отырмай, өтілген және оқушының ұмытып қалған материалдарын еске түсіруге зор ықпал етеді. Себебі, оқушының өзіне көрнекілік қолданған тиімді қажет элементінің жанында жазуы болады. Бұл технологияның өзектілігі қоғамның ақпараттандыру жылдамдығының артуымен сипатталады. Әр түрлі пән сабақтарында жаңа ақпараттық технологияны пайдалану білім мазмұнын жаңартумен, ақпараттық ортаны қалыптастыруымен, сондай-ақ сапалы білім беру мүмкіндігінің жоғары болуымен ерекшеленеді. Соңғы кезеңде қазіргі заманғы педагогикалық ғылым мен практика түбегейлі өзгерістерге ұшырауда. Соның ішінде оқыту үрдісі ақпараттық – коммуникациялық жағдайларда жаңа көрініс алу жолында басқаша жаңалаған жолмен XXI ғасыр талаптарына сай білгір, уақытты үнемдей алатын тұлғаны қалыптастыруға бағытталады.

Білімді ақпараттандырудың негізгі мақсаты – «оқушыларды ақпараттық қоғам жағдайында тұрмыстық, қоғамдық және кәсіби салалардың іс-әрекетіне толық, тиімді араластыру» болып табылады. Жоғары мектеп педагогикасы теориясында зерттеуді қажет ететін мәселелердің бірі – педагогикалық модельдеу мәселесі. Жоғары білім беруді модернизациялау ең алдымен оның мазмұнын терең жаңартумен байланысты. Тек қана информатика пәнінің мұғалімі ғана емес, сонымен бірге кез келген пән мұғалімінің ақпараттық технологияны меңгеруі – жаңа тұрпатты мұғалімге тән басты белгі деп айтуымызға болады.

Жаңа тұрпатты мұғалімнің ақпараттық технологияны меңгеруі жоғары оқу орнында қалыптасатын болғандықтан, оқытушылардың ақпараттық сауаттылығы, олардың кәсіби деңгейінің заманауи талаптарға лайық болуы, студенттердің ақпараттық құзіреттілігін қамтамасыз ету, олардың барлық оқу формалары бойынша іс-әрекетін тиімді ұйымдастыру қажеттігі туындайды [5].

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1 *Иманбаева А. Оқу-тәрбие үрдісін ақпараттандыру. Қазақстан мектебі, №2, 2000*
2 *Богаева И.Д. Педагогикалық қызметтегі кәсіби шеберлік// Алматы, 2009ж.*
3 *Селевко Г.К. Педагогикалық технологияларды меңгеру факторы// Алматы, 2009ж.*
4 *Маркова А.К. Кәсіби құзыреттіліктің даму деңгейі// Алматы, 2009ж.*
5 *Горбунова Л. Зерттеу туралы білімі, білік дағдысының болуы // Алматы, 2009ж*

УДК 378:37.016:744.62
ГРНТИ 20.01.45

В.В. Гриншкун [1], Е.Ы. Бидайбеков [2], С.Н. Конева [3], Г.А.Байдрахманова [4]

[1]д.п.н., профессор, Московский городской педагогический университет, г. Москва, Россия
[2] д.п.н., профессор, Казазахский национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы. Казахстан
[3]к.п.н., доцент, Казазахский национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы. Казахстан
[4] докторант Казазахский национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы. Казакстан

РОЛЬ И МЕСТО КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ В ФОРМИРОВАНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАЧЕСТВ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ИНФОРМАТИКИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ

Аннотация

В статье рассматривается обучение компьютерной графике в условиях цифровизации образования. Цифровизация значительно опережает существующую систему требований производства к составу профессий, занятых на рынке труда. Цифровая экономика требует наличия у населения цифровых навыков, позволяющих пользоваться ее плодами. Поэтому, в подготовке специалистов для цифровой экономики необходимо делать акцент, прежде всего, на важные направления цифровых технологии. Один из существенных направлений – компьютерная графика. Компьютерная графика – это наука, один из разделов информатики, изучающая способы формирования и обработки изображений с помощью компьютера. Основные области использования компьютерной графики: научная графика, деловая графика, конструкторская графика, иллюстративная графика, художественная и рекламная графика, компьютерная анимация, мультимедиа. Поэтому при обучении компьютерной графики надо ориентироваться на эти отрасли.

Ключевые слова: "Цифровой Казахстан", цифровизация образования, компьютерная графика, профессиональные качества, обновленная учебная программа, информационно-коммуникационная технология, будущий специалист.

Аннотация

В.В.Гриншкун[1], Е.Ы.Бидайбеков[2], С.Н.Конева[3], Г.А. Байдрахманова[4]

БІЛІМ БЕРУДІ ЦИФРЛАНДЫРУ ЖАҒДАЙЫНДА КОМПЬЮТЕРЛІК БОЛАШАҚ ИНФОРМАТИК МҰҒАЛІМДЕРІНІҢ КӘСІБИ САПАСЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУДАҒЫ КОМПЬЮТЕРЛІК ГРАФИКАНЫҢ РӨЛІ МЕН ОРНЫ

[1]п.ғ.д., профессор, Мәскеу қалалық педагогикалық университеті, Мәскеу қ., Ресей
[2]п.ғ.д., профессор, Абай атындағы ҚазҰПУ, Алматы қ., Қазақстан
[3]п.ғ.к., доцент, Абай атындағы ҚазҰПУ, Алматы қ., Қазақстан
[4]Абай атындағы ҚазҰПУ-нің 6D011100-Информатика мамандығының 3-курс докторанты, Алматы қ., Қазақстан

Мақалада білім беруді цифрландыру жағдайында компьютерлік графиканы оқыту мәселелері қарастырылады. Цифрландыру еңбек нарығында қамтылған мамандықтар құрамына қойылатын өндірістік талаптардың қолданыстағы жүйесінен айтарлықтай алдыңғы орынға шығуда. Цифрлық экономика тұрғындардан цифрлық дағдылардың болуын және оның мүмкіндіктерін пайдалануды талап етеді. Сондықтан цифрлық экономика жағдайында мамандарды дайындауда цифрлық технологияның маңызды бағыттарына мән берілуі тиіс. Маңызды бағыттарының бірі – компьютерлік графика.

Компьютерлік графика - бұл ғылымды, компьютерлік кескінді қалыптастыру және өңдеу жолдарын зерттейді. Компьютерлік графиканы пайдаланудың негізгі бағыттары: ғылыми графика, бизнес графика, дизайн графикасы, иллюстрациялық графика, көркем және жарнамалық графика, компьютерлік анимация, мультимедия. Сондықтан, компьютерлік графиканы оқытуда, осы салаларға назар аудару керек.

Түйін сөздер: "Цифрлық Қазақстан", білім беруді цифрландыру, компьютерлік графика, кәсіби қасиеттер, оқу жоспары, ақпараттық-коммуникациялық технологиялар, болашақ маман.

Abstract

ROLE AND PLACE OF COMPUTER GRAPHICS IN FORMING PROFESSIONAL QUALITIES OF FUTURE INFORMATIC TEACHERS IN THE CONDITIONS OF DIGITALIZATION OF EDUCATION

Grinshkun V.[1], Bidaybekov E.[2], Koneva S.[3], Baidrakhmanova G.[4]

[1]d.p.s., professor, Moscow City Pedagogical University, Moscow, Russia

[2]d.p.s., professor, KazNPU named after Abay, Almaty, Kazakhstan

[3]k.p.s. associate professor, KazNPU named after Abay, Almaty, Kazakhstan

[4]doctoral students of the 3-year specialty 6D011100-Informatics, KazNPU named after Abay, Almaty, Kazakhstan

The article deals with computer graphics training in conditions of digitalization of education. Digitalization is significantly ahead of the existing system of production requirements for the composition of occupations engaged in the labor market. The digital economy requires the population to have digital skills to use its fruits. Therefore, in training specialists for the digital economy, it is necessary to focus on critical areas of digital technology. One of the essential areas is computer graphics.

Computer graphics is a science, one of the sections of computer science, which studies how to form and process images using a computer. The main areas of use of computer graphics are scientific graphics, business graphics, design graphics, illustrative graphics, artistic and advertising graphics, computer animation, and multimedia. Therefore, when learning computer graphics, you must focus on these industries.

Keywords: “Digital Kazakhstan”, digitalization of education, computer graphics, professional qualities, curriculum, information and communication technology, future specialist.

В условиях цифровизации образования система подготовки будущих учителей информатики, как и вся система образования Казахстана, находится в состоянии модернизации, проводимой в соответствии с программой «Цифровой Казахстан» и обновлённой учебной программой [1].

Для высшей педагогической школы характерна тенденция к модернизации, направленная на приведение профессиональной подготовки учителя в соответствие с требованиями и условиями его будущей профессиональной деятельности и заключающейся в формировании всесторонне образованного специалиста, умеющего приспосабливаться к постоянно меняющимся тенденциям в развитии цифрового общества.

В складывающейся неоднозначной ситуации, когда материальный учебник и живой учитель утрачивают позиции главных и единственных источников знаний, информация, количество которой быстро растет, а содержание постоянно обновляется, представляется в мультимедийных интерактивных формах, возрастает необходимость цифровизации образования.

Безусловно, центральная линия нового Послания Президента РК – тотальная цифровизация, которая будет пронизывать практически все сферы образования. Процесс цифровизации образования многоаспектный, он связан и с политикой, и с социально-экономическим развитием государства, и с требованиями к компетентности педагогов. На сегодняшний день все эти составляющие на стороне использования преимуществ информационно-коммуникационных технологий в сфере образования.

Из обозначенных Елбасы десяти основных задач для Казахского национального педагогического университета им. Абая, исторически первого и единственного педагогического университета, имеющего статус национального вуза, седьмая задача под названием «Новое качество человеческого капитала» является приоритетной. Ни для кого не секрет, что качество людских ресурсов напрямую зависит от эффективности системы образования, где решающая роль отводится педагогу, воспитателю, учителю, преподавателю.

Особого внимания заслуживает третья инициатива – повышение доступности и качества высшего образования. Она нацелена на то, чтобы в стране создавались все условия для подготовки высококвалифицированных специалистов в области информационных технологий, робототехники, нанотехнологий и других направлений, которые будут востребованы в новой экономике в условиях четвертой промышленной революции.

В связи с этим Казахским национальным педагогическим университетом им. Абая совместно с Московским городским педагогическим университетом и Красноярским государственным педагогическим университетом им. Астафьева создана международная лаборатория проблем информатизации образования и образовательных технологий, в которой планируется разработать учебно-методическое обеспечение для новой учебной дисциплины «Цифровые технологии в образовании» для студентов педагогических вузов, в которой первостепенное внимание уделяется соответствующей подготовке будущих учителей информатики.

Опыт подготовки будущих учителей информатики позволяет говорить о том, что современные

студенты плохо осознают роль компьютерной графики в будущей профессии и слабо мотивированы на изучение соответствующих предметов. В условиях цифровизации образования возрастает роль компьютерной графики во всех сферах деятельности человека, так как все виды технологий компьютерной графики позволяют представлять и обрабатывать данные (обычно аналоговые – тексты, документы, числа, таблицы, изображения, карты, чертежи, последовательности изображений/анимация, трехмерные модели, сигналы) в цифровом формате. Именно цифровая технология позволяет манипулировать данными с высокой скоростью, в том числе при передаче по аналоговым (непрерывным) или по цифровым каналам связи (аналого-цифровые / цифро-аналоговые преобразования, кодирование, модуляция / демодуляция сигнала) [2, с.18].

Поэтому при обучении компьютерной графике в условиях цифровизации образования актуально формирование соответствующих профессиональных качеств у будущих учителей информатики.

Чаще всего цифровые технологии и системы упоминаются в связи с мультимедийными форматами представления и обработки графической информации (например, цифровое телевидение, фото-, видео- и аудио-оборудование [3, с.384; 4, с.262; 5, с.9]),

Наряду с вычислениями начали активно исследоваться и развиваться методы переведения в цифровую форму или цифровой обработки изображений и звука [6, с.7].

Социологические исследования показывают, что в последние годы в увеличивающемся потоке значимо выделяется объем оцифрованной визуальной и аудио информации. Преобладание не текстовых визуальных элементов в получаемой пользователями информации ведет к возрастанию необходимости формирования *визуальной грамотности* (англ.: *visual literacy*). Такое обучение компьютерной графике будущих учителей информатики подразумевает развитие зрительного восприятия знаков, символов и их систем, основных приемов типографии, метадизайна текстового сообщения (когнитивно-ориентированные, семантические, текстовые и графические акценты), понимания скрытых смыслов, кодов и метафор, которыми насыщена компьютерная графика [7; 15; 16;]. По мнению некоторых исследователей, визуальные, мультимедийные компоненты учебного материала или образовательного веб-сайта позволяют значимо повысить показатель их освоения [6; 8, с.118, 324; 9, с.11; 10, с.169].

При обучении компьютерной графике будущих учителей информатики не обойтись без визуализации данных, так как часто более наглядной и эффективной формой визуализации данных является графическое представление, например, при моделировании и обработке изображений.

Современные графические системы обладают достаточной производительностью для создания сложных анимационных и динамических изображений. В системах моделирования, которые также называются симуляторами, пытаются получить и визуализировать картину процессов и явлений, которые происходят или могли бы происходить в реальности. Самым известным и наиболее сложным примером такой системы является симулятор полётов, который используют для моделирования обстановки и процесса полёта объекта (Adobe Flash).

Компьютерная графика позволяет наглядно представлять разнообразную информацию и поэтому является достаточно значимой при обучении будущих учителей информатики. То, что называют визуализацией, помогает наблюдать и понимать процессы и явления, которые иногда даже трудно вообразить, например, строение вещества или структуру поля. Поэтому с компьютерной графикой связаны самые современные методы обучения, такие, как методы и технологии развития интеллекта и творческих способностей. В связи с этим умение учителей информатики использовать средства и технологии компьютерной графики, а также учить им школьников создадут значимую основу для понимания учащимися особенностей оперирования такими средствами, а значит, и вооружит их возможностью использования компьютерной графики при изучении практически всех предметов школьного цикла.

Проблемы подготовки будущих специалистов в области информатики нашли отражение в работах И.В. Левченко, Т.А. Бороненко, В.В. Лаптева, Н.И. Рыжовой, М.В. Швецкого, С.Д. Каракозова, В.Е. Евдокимова, Е.Ы. Бидайбекова, Ж.К. Нурбековой, Г.Б. Камаловой, Е.А. Киселевой, К.А. Гребенникова [11]. Наряду с этим проблема использования компьютерной графики в профессиональной подготовке студентов рассматривалась в работах ряда современных ученых-педагогов: Н.А. Усовой, С.Н. Коневой, Е.А. Маликовой, О.В. Арефьевой, К.А. Гребенникова, Л.В. Иванниковой, В.В. Корешкова, Л.Я. Нодельмана. Научные работы, посвященные исследованиям компьютерной графики в области образования, в основном ориентированы на методы использования компьютерной графики в педагогической области образования.

В соответствии с положениями обновлённой учебной программы по информатике базовые знания, умения и навыки по компьютерной графике закладываются уже в начале курса и получают дальнейшее развитие на последующих ступенях обучения. Поэтому целесообразно дальнейшее развитие приобретенных знаний и навыков по компьютерной графике не только в старшем звене школы, но и на младших курсах высших учебных заведений. Одним из возможных подходов к обучению компьютерной графике может являться расширение имеющегося курса информатики за счет добавления в его содержание основ компьютерной графики и последующего использования компьютерной графики в обучении другим темам курса «Информационно-коммуникационные технологии», ставшим уже традиционными. К тому же добавление компьютерной графики в содержание курса «Информационно-коммуникационные технологии» обогащает и оптимизирует само содержание этой дисциплины [12].

В тематическом планировании темы «Информационно-коммуникационные технологии» выделяются следующие темы, которые содержат элементы работы с компьютерной графикой: Архитектура вычислительных систем (графическое построение архитектуры компьютера); Мобильные платформы (графической визуализации пространственных данных); Операционные системы и программное обеспечение (графическая оболочка ОС Windows); Прикладное программное обеспечение (графические формы описания алгоритмов, обработка графических объектов, работа с графическими редакторами, применение трехмерные графические системы, средства разработки презентаций); Человеко-машинное взаимодействие (проектирование и тестирование графического интерфейса); Сетевые технологии и телекоммуникации (графический способ построения сетевого графика); Мультимедийные технологии. 3D-дизайн (программы для работы с графическими изображениями и звукового сопровождения); Data mining и визуализация данных (графическое представление моделей).

Таким образом, недостаточная проработанность подходов к обучению компьютерной графике в высших учебных заведениях обуславливает необходимость обучения компьютерной графике при подготовке будущих учителей информатики. Данное противоречие порождает проблему, которая заключается в том, что отсутствует специализированная методика обучения компьютерной графике, ориентированная именно на подготовку будущих учителей информатики.

Основными задачами обучения компьютерной графике являются такие, как: ознакомление студентов с программными средствами Adobe PhotoShop и Corel Draw, применяемыми в этой области, возможностями применяемых цифровых технологий по обработке изображений, формирование творческого подхода к выполнению заданий, развитие понимания о возможностях применения компьютерной графики в различных областях педагогической деятельности.

Не следует забывать, что графика играет достаточно важную роль во многих областях человеческой деятельности. Она необходима не только при подготовке будущих учителей информатики, но и в производстве, искусстве, оформлении, рекламе, дизайне, моделировании процессов в научных экспериментах.

Так, например, Adobe Photoshop источник растровых изображений — это метод, который может оцифровывать аналоговые изображения или принимать их непосредственно в цифровой форме. Растровая графика — основа компьютерной графики, без нее невозможно представить многое из того, что нас окружает: бегущая строка в общественном транспорте, таблоид на вокзале, шрифты на компьютере, изображение на мониторе или экране телевизора. Растровая графика послужила основой для разработки других видов компьютерной графики. Свойства растровой графики позволяют будущим учителям информатики, даже без художественных способностей, ощущать себя определенным творцом, уметь создавать художественные образы и широкие возможности для самореализации и профессиональной педагогической деятельности. Благодаря современной разработке цифровых технологий будущие учителя информатики имеют доступ к графической информации. И нужно постараться использовать это факт в образовательных целях. Одно из важнейших понятий компьютерной графики — это графический формат. Каждый графический объект сохраняется в файле того или иного графического формата. Основными видами графических форматов являются растровые и векторные форматы. Векторные изображения сохраняются в виде геометрических примитивов их свойств — координат, размеров, цветов и др. Выбор формата записи графической информации зависит от целей работы с изображением и способа его получения. Обладая соответствующими знаниями, учитель информатики впоследствии сможет познакомить школьников с этими особенностями компьютерной графики.

Существует точка зрения, согласно которой компьютерная графика рассматривается лишь как инструментарий, как техническое средство по созданию работ будущих учителей информатики. При этом во внимание не принимается, что процесс обучения, прежде всего, – это процесс усвоения закономерностей во всех её проявлениях, несущий огромную познавательную нагрузку. Также компьютерная графика способствует формированию профессионального мастерства будущего учителя информатики. Следовательно, компьютерная графика – есть познавательный процесс, имеющий своей целью получение знаний в условиях цифровизации образования в рамках формирования профессиональных качеств будущих учителей информатики.

С учётом специфических возможностей изучения компьютерная графика имеет особое значение для будущего учителя информатики в области художественно-графического образования, поскольку является уникальным средством развития таких личностных качеств обучающихся, как восприятие пространства, абстрактно-логическое и образное мышление, чувство цвета, творческое воображение, целостность восприятия, внимание, память, аккуратность в работе. Изучение компьютерной графики формирует перекодирование визуального образа в вербальную форму, способствует творческому самовыражению будущего учителя информатики в условиях цифровизации образования и необходимости последующего знакомства школьников с передовыми эффективными информационными технологиями.

Особо следует отметить, что компьютерная графика является средством моделирования и демонстрации законов, лежащих в основе графического творчества. По характеру технологий, богатству цветовых эффектов, способам наглядного двухмерного или трехмерного отображения объектов, взятых в пространстве, компьютерная графика может иметь не только общеобразовательное значение при подготовке будущего учителя информатики, но и нести в себе обучение, интегрированное со специальными учебными дисциплинами [13].

Современная компьютерная графика как инструмент реализации творческих идей будущего учителя информатики использует эти технологии в полном объёме. Она требует значительной подготовки таких педагогов в области компьютерной техники, знаний основ ее функционирования. В последнее десятилетие особое внимание уделяется проблемам теоретического обоснования, разработки и оперативного внедрения в образовательный процесс современных технологий, ориентированных на достижение высоких и устойчивых результатов педагогической деятельности.

Как показывает опыт, востребованность специалистов, виртуозно владеющих программным обеспечением, умеющих создавать реалистичные трёхмерные модели, использовать звук, анимацию, одним словом, формировать компьютерный (виртуальный) мир, который часто называют третьей реальностью, очень высока. Такой специалист сможет быстро и наглядно показать заказчику свои разработки (представив ему чертёж или, например, реалистичную трёхмерную модель изделия на экране компьютера), создать эффектную, привлекающую взор рекламу продукции в газете, на телевидении или в сети Интернет, разработать атрибуты фирменного стиля и многое другое.

В современных условиях компьютерная графика стремительно превращается в базовый курс, её приёмы и концепции интенсивно используются во многих смежных дисциплинах, в том числе, считавшихся до последнего времени сугубо гуманитарными. Поэтому её изучение стало необходимым и для студентов, не имеющих достаточной подготовки по циклам точных наук, на знании которых обычно основывался курс компьютерной графики.

Наличие самого современного компьютера с огромными ресурсами и новейшими версиями графических программ само по себе не обеспечивает высокого качества результатов труда их владельца — для этого нужны ещё талант, вкус и знания. Но при достаточно хорошем понимании основ компьютерной графики, - утверждает Д. Миронов, - можно в полной мере овладеть арсеналом технических приемов работы с графическими программами, а это, в свою очередь, позволит не только резко повысить эффективность творческого труда (за счёт сокращения объёма рутинных операций и ускорения их выполнения), но и перевести его на новый качественный уровень, высвобождая время автора для решения творческих задач, давая ему возможность сравнить множество вариантов реализации своих замыслов [14].

Области, в которых широко применяется компьютерная графика, связаны с использованием объектов визуальной коммуникации. Визуальная коммуникация представляет собой информационный процесс, при котором информация передаётся от источника потребителю через зрительный канал.

С учетом приведенных аргументов можно с уверенностью заключить, что профессиональное

владение средствами и технологиями компьютерной графики является неотъемлемым звеном в общей подготовке будущего учителя информатики, а его практическая деятельность в период обучения способствует формированию требуемого профессионального мастерства. Целесообразно, чтобы прохождение практики студентами не ограничивалось посещением только лишь занятий в аудиторных классах, а было перенесено в реальную организацию, конструкторское бюро, рекламную компанию или типографию.

Анализируя вышесказанное, следует подчеркнуть, что современный учитель информатики должен свободно владеть персональным компьютером, Интернетом и программами в области прикладной информатики и компьютерной графики. Компьютерная графика не блокирует область возможного творческого процесса будущего учителя информатики, а расширяет и ускоряет его в условиях цифровизации образования. Обучение компьютерной графике в рамках профессиональной подготовки будущих учителей информатики в условиях цифровизации образования обеспечит формирование всех указанных качеств, то есть будет способствовать развитию творческих возможностей студентов, формированию профессионализма личности будущего учителя.

Список использованной литературы

1 *Цифрлық Қазақстан бағдарламасы. 2017. http://mic.gov.kz/kk/pages/cifrlyk-kazakstan-memlekettik-bagdarlamasy;*

2 *Борькин А. Цифровая школа: взгляд изнутри // PC Magazine/RE, 2010, №10. URL: http://www.pcmag.ru/solutions/detail.php?ID=38826 (дата обращения 15.07.2011);*

3 *Баландин Н. Цифровое образование –концептуальный аспект // Народное образование. 2009. № 4. – С. 145-149.;*

4 *Максимов Н.В., Партыка Т. Л., Попов И. И. Технические средства информатизации: учебник. 2-е изд. М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2008. – 592 с.;*

5 *Мериан Л. Объемы хранимых данных превысили 295 экзабайт // Computerworld Online №07, 2011 URL: http://www.osp.ru/news/articles/2011/07/13006857/ (дата обращения 15.07.2011);*

6 *Зубарев Ю.Б., Витязев В. В., Дворкович В. П. Цифровая обработка сигналов – информатика реального времени // Цифровая обработка сигналов, 1991, №1. – С.5-17;*

7 *Миронов Д. Компьютерная графика в дизайне. СПб.: БХВ-Петербург, 2008. — 560 с.;*

8 *Измерение информационного общества, 2010 год. ITU, 2010. – 12 с.;*

9 *Крук Ч. Школы будущего / Гуманитарные исследования в Интернете. / Под ред. А.Е. Войскунского. М.: Можайск-Терра, 2000. – С.314-332.;*

10 *Ласика Дж. Д. Даркнет: Война Голливуда против цифровой революции [пер. с англ. Ольги Туруxиной]. Екатеринбург: Ультра.Культура, 2006;*

11 *Гребенников К.А. Компьютерная графика как средство профессиональной подготовки специалистов — дизайнеров: дис. .канд. пед. наук/ К.А. Гребенников-Воронеж, 2002 192с.;*

12 *Бидайбеков Е.Ы., Гриншкун В.В., Конева С.Н., Байдрахманова Г.А. Особенности обучения педагогов компьютерной графике в условиях фундаментализации образования. http://sitito.cs.msu.ru/ index.php/ SITITO/ article/view/232;*

13 *Евдокимова В.Е. Формирование информационно-коммуникационной компетентности будущих учителей в процессе обучения информатике // Современная педагогика. 2015. № 4. – С.56- 63.;*

14 *Миронов Д. Компьютерная графика в дизайне. СПб.: БХВ-Петербург, 2008. — 560 с.;*

15 *Рапуто А. Г. Информационные технологии в обучении основам визуальной грамотности // Информатика и образование. 2007. № 11. – С. 110-118.*

УДК [002:004]:316.774: 51:37.016
ГРНТИ 20.01.04 : 27.01.45

Э.К. Дуйсембаева[1], Р.А. Ильясова[2]

[1]Магистрант Казахского государственного женского педагогического университета, г.Алматы, Казахстан
[2]Д.п.н., доцент кафедры математики Казахского государственного женского педагогического университета, г.Алматы, Казахстан

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО – КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ

Аннотация

В обучении математике должен получать свое отражение характерный для нашего времени процесс информатизации образования, внедрение новейших компьютерных технологий, Интернет и дистанционного обучения. Статья посвящена вопросам информатизации образования, возможности информационно – коммуникационных технологий, ключевым моментам взаимодействия субъектов и объектов образования. В статье выделены три формы применения компьютера в учебном процессе, а также два подхода к обучению процессе информатизации образования. Выделены дидактические требования, которые необходимо соблюдать при использовании информационно – коммуникационных технологий. Проведен анализ перехода от знаковой системы, представленной на странице учебника, экране дисплея, к системе практических действий, имеющих иную логику. В статье достаточно подробно описываются взаимодействие информационных потоков в системе преподавания – книга (учебник) – компьютер и другие аудиовизуальные средства – ученик, роль и место компьтера в учебном процессе. На основе наблюдения авторов за уроками с использованием информационно – коммуникационных технологий и без них в старших классах общеобразовательных школ города Алматы и Алматинской области сделаны выводы.

Ключевые слова: технология, образования, деятельность, проблема, развития, формирования, обучения.

Андатпа

Э.К. Дуйсембаева[1], Р.А. Ильясова[2]

МАТЕМАТИКА ПӘНІН ОҚЫТУДА АҚПАРАТТЫҚ - КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ПАЙДАЛАНУ

[1]Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университетінің магистранты, Алматы қ., Қазақстан
[2]п.ғ.д., Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университетінің математика кафедрасының доценті, Алматы қ., Қазақстан

Математиканы оқытуда біздің заманымызға тән білім беруді ақпараттандыру процесі, жаңа компьютерлік технологияларды енгізу, интернет және қашықтықтан оқыту өз көрініс сипаттамасын алуға тиіс. Мақала білім беруді ақпараттандыру, ақпараттық – коммуникациялық технологиялардың мүмкіндіктері, пәндер мен беру объектілері арасындағы өзара әрекеттестіктің мәселелеріне арналған. Мақалада білім беру үдерісінде компьютерді қоданудың үш нысаны қарастырылған, сондай – ақ білім беруді ақпараттандыру үдерісіне оқытудың екі түрлі көзқарасы көрсетілген. Ақпараттық – коммуникациялық технологияларды пайдалану кезінде сақталуы тиіс дидактикалық талаптар белгіленеді. Оқу құралы бетінде, дисплей экранында әр түрлі логикаға ие практикалық әрекеттер жүйесіне ұсынылған белгі жүйесінен көшу талдауы талданады. Мақала оқыту жүйесінің ақпараттық ағынының өзара әрекеттесуі – кітап (оқулық) – компьютер және басқа да дыбыс – бейне медиа ресурстар – оқушы, оқыту үрдісіндегі компьютердің орны және рөлі егжей – тегжейлі сипатталған. Алматы қаласы мен Алматы облысы бойынша орта мектептердің жоғарғы сыныптарында ақпараттық – коммуникациялық технологияларды қолдана отырып және онсыз өткізілген сабақтарға бақылаулар жүргізу негізінде қорытындылары жасалған.

Түйін сөздер: технология, білім, білік, проблема, даму, қалыптастыру, оқыту.

Abstract

E.K. Duisembayeva[1] , R.A. Ilyasova[2]

[1] Student of Master Programme, Kazakh State Women's Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan
[2] Dr. Sci. (Pedagogical), Associate Professor of the Mathematics Department at the Kazakh State Women's Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

USE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN THE PROCESS OF TEACHING MATHEMATICS

In the process of teaching mathematics, in our time from a distance, Internet learning education is affected by the introduction of the latest computer technologies and informatization. Education possibilities devoted to the issues of

information and communication technologies, the article of key moments of interaction between subjects and objects. The article highlighted three forms of the educational process and two approaches to teaching the process of informatization of education. Didactic requirements observed when using information and communication technologies must be singled out. Having a different logic analysis of the transition from the single system presented on the textbook page, the display screen, to the practical system actions. The article describes some details of information that flows in the teaching system, including the role and place of a computer in the learning process. Based on the authors' observations with the use of information and communication lessons and without them in the senior classes of general schools in Almaty and the Almaty region were concluded.

Keywords: technology, education, activity, problem, development, formation, training.

Стремительное развитие информационно – коммуникационных технологий находит свое отражение, прежде всего, в сфере образования: создаются и развиваются принципиально новые педагогические технологии. При этом неизбежно происходят изменения в стиле мышления, формах и методах всех видов познавательной деятельности, а поэтому появляются определенные преимущества и. в то же время, определенные проблемы. Их можно условно определить как проблемы системы педагог – учащиеся – информационно – коммуникационные технологии. Изучение этих проблем в настоящее время занимает одно из центральных мест в теории и практике обучения.

На современном этапе функционирования целостной системы обучение немыслимо без использования информационно – коммуникационных технологий. Вычислительная техника используется для достижения определенных целей: повышение производительности труда, облегчение условий труда, превращение труда в творческий процесс и т.д.. Использование информационно – коммуникационных технологий в учебном процессе является настоятельной необходимостью современного общества. *Компьютерная поддержка учебного процессе является продолжением и развитием многолетнего процесса внедрения технических средств в учебный процесс.*

Применение компьютера в учебном процессе осуществляется в трех формах: как тренажер, как репетитор, выполняющий определенные функции за преподавателя, как устройство, моделирующее определенную среду и действия специалистов в ней. Наибольшие перспективы открываются при использовании информационно – коммуникационных технологий в обучении для развития мышления, для формирования способностей к принятию решения. Работа с компьютерными средствами более эффективна тогда, когда она проходит в диалоговом режиме, обеспечивающем индивидуализацию обучения. Особенно эффективно сказывается использование информационно – коммуникационных технологий при изучении математики старшеклассниками.

Методическое обеспечение учебного занятия должно быть подчинено принципу оптимальной передачи информационного и дидактического материала. Примером эффективного использования информационно – коммуникационных технологий на занятиях является работа с интерактивной электронной доской, позволяющая существенно улучшить качество организации процесса обучения путем повышения выразительных возможностей представления учебной информации.

Применение информационно – коммуникационных технологий в преподавании математики предполагает обеспечение учащихся методическими и учебными материалами нового типа – компьютерными учебниками. В связи с этим появляется необходимость в разработке новых методических приемов и обновлении методической системы преподавания математики.

В процессе информатизации образования наметились два принципиально различных подхода. Первый из них ориентирован на применение в сфере образования *обучающих систем*, традиционно используемых в качестве средств передачи информации и обучения учащихся. Второй – на использование компьютера в качестве инструмента познания для анализа мира, получения доступа к информации, интерпретации и организации своих собственных знаний и представления этих знаний другим людям.

Дидактические возможности использования информационно – коммуникационных технологий в решающей мере зависят от правильной организации учебной работы учащихся. Используя программно – педагогические средства, учитель обязан в каждом конкретном случае определять, в каком порядке целесообразнее их применение во время урока так, чтобы стимулировать мыслительную деятельность школьников. В этой связи мы выделяем дидактические требования, которые необходимо соблюдать при использовании информационно – коммуникационных технологий:

- Правильный выбор учебного материала (темы) для представления в компьютерном варианте. *Не всякий вопрос математики подается информатизации. Многие темы школьного курса математики требуют комплексного изложения. Здесь могут потребоваться предварительные объяснения учителя, работа с учебником, со средствами обучения (модели, таблицы и пр.).*

- Всякой работе с компьютерами обучающими программами должна предшествовать обстоятельная вступительная беседа учителя. Учащимся следует определить порядок работы за компьютером, выписать на доске необходимую справочную информацию работы с клавиатурой обратить внимание на основные вопросы изучаемого материала.

- В процессе использования информационно – коммуникационных технологий на занятиях учителю нужно наблюдать за работой учащихся, спрашивать отдельных из них, как они понимают изучаемые вопросы. Если некоторые ученики будут встречаться с затруднениями, оказывать им помощь.

- Работа за компьютером ни в коем случае не должна занимать весь урок (в соответствии с санитарно – гигиеническими нормами). Ее нужно сочетать с другими формами и методами обучения.

- Серьезное внимание нужно обращать на выработку у школьников умения самостоятельно осмысливать и усваивать новый материал с использованием информационно – коммуникационных технологий.

- Учитель заранее должен четко определить ход работы с компьютерными средствами обучения, чтобы «исследовательские» усилия школьников были целенаправленными и сосредоточены на решение основных вопросов изучаемой темы.

Наряду с неоспоримыми благами компьютер преподносит и целый спектр никогда не встречавшихся ранее проблем, решение которых невозможно без глубокой теоретической проработки. Необходимо четко дифференцировать потребности и возможности использования компьютера как средства обучения на каждой ступени целостной системы непрерывного образования.

Анализ использования информационно – коммуникационных технологий в учебном процессе показывает, что большинство компьютерных обучающих средств предназначается для автоматизации процессов генерирования заданий, либо для контроля учебной деятельности, причем применяются они эпизодически и зачастую бессистемно. И.В.Роберт в монографии [1] отмечает, что «фрагментированное использование программных обучающих средств с целью «латания прорех» традиционной методики не может иметь успех ни у обучаемых, ни у обучающих».

Таким образом, информатизация образования, внедрение в учебный процесс новых технологий и подготовка соответствующих педагогических кадров относятся к приоритетным направлениям государственной политики в области образования.

Весьма важным является анализ «диалог» и «общение», связанных с взаимодействием учащегося с ЭВМ. В психологии «диалог» - это развитие темы, позиции, точки зрения совместными усилиями людей, взаимодействующих по поводу определенного, но неизвестного в тех или иных деталях содержания. Траектория этого совместного движения не прогнозируема и задается теми смыслами, которые порождаются в ходе самого диалога. Диалог с машиной – это варьирование либо последовательности, либо объема выдаваемой информации. В условиях всеобщей компьютеризации свертывается в достаточно скудное живое диалогическое общение, социальные контакты, формализуются отношения между учеником и учителем [2].

Наибольшую трудности для учащегося создает переход от знаковой системы, представленной на странице учебника, экране дисплея, к системе практических действий, имеющей иную логику. Это – переход от знака (информации) к мысли, от мысли к действию. В традиционном общении с применением информационно – коммуникационных технологий наметился срыв между внешне заданным требованиями к подготовке учащихся в средней школе для дальнейшей деятельности и внутренней логикой работы ученика с учебным предметом как знаковой системой.

Такое обучение обеспечивает возможность перехода от объективно существующих знаний, зафиксированных на материальных носителях информации, к личностным смыслам, а через них – к осмысленным учебным (на уроках – лекциях или уроках – семинарах), в деловой игре и учебно – практическим действиям. Таким путем можно воспитать действенное отношение к учебной информации как к определенной социальной ценности.

При использовании информационно – коммуникационных технологий необходимо, в первую очередь, необходимо определить взаимодействие информационных потоков в системе преподавания

– книга (учебник) – компьютер и другие аудиовизуальные средства – ученик. При этом компьютер должен использоваться только в тех случаях, когда он наиболее полезен по сравнению с другими средствами обучения для решения конкретных задач. Так, при проведении урока – зачета в форме тестирования использование информационно – коммуникационных технологий дает возможность оптимизировать виды заданий, поскольку допускает проведение большого количества упражнений при минимальных затратах времени, способствует самооценке уровня усвоения пройденной темы, развития навыков самостоятельности в усвоении учебного материала и уровня конечного результата, умению быстро извлекать информацию, предъявляемую компьютером и перерабатывать ее. Вообще, информационно – коммуникационных технологий, моделируя определенные аспекты учебной деятельности эффективны для совершенствования навыков работы с книгой, приближают к работе с большими массивами информации и способствуют формированию основных типов умений, связанных с ее переработкой и усвоением. В психологическом плане представляется весьма важным то обстоятельство, что работа с дисплеем вносит элемент «практического действия» при формировании умственного действия с вербальным материалом и позволяет экстериоризировать внутренние планы действия как самого обучаемого в виде обратной связи, так и для обучающего в качестве средства корректировки и ветвления программы. Наблюдения за работой учащихся в дисплейном классе показывают, что собственноручный набор вербальных элементов и грамматических форм, составленных схем зависимостей элементов текста, понятий в разных учебных задачах, визуализация порождаемого текста ответа и его самокоррекция по ходу выполнения улучшает запоминание учебного материала, вырабатывает навыки самоконтроля, развивают аналитические способности учащихся. В целом, использование информационно – коммуникационных технологий при изучении математики может строиться на основе сочетания наглядности и активно – операторских действий. Получение же полного протокола занятия повышает возможности преподавателя выявить типичные недостатки учебного текста и обнаружить индивидуальные различия в выборе стратегии решения учебной задачи, чтобы совершенствовать программу.

Следует обратить внимание на то, что включение в учебный текст игровых элементов, как в индивидуальном порядке, так и коллективных формах с преобладанием диалогового общения, положительно сказывается на интенсивности работы с дисплеем, улучшает внимание учащихся, а это особенно важно для детей с гуманитарным складом мышления.

Актуальной психолого – педагогической задачей является определение видов учебной деятельности и характера учебных задач, делающих целесообразным одновременно предъявление информации в разной модальности: сочетание письменного текста с видеопрограммой или фонограммой, применение цвета. Разработка психолого – педагогических основ использования информационно-коммуникационных технологий при проведение деловых игр органически дополняют индивидуальную работу с ЭВМ. Это позволяет противодействовать «отчуждению», которое может возникать в результате длительного пользования компьютером при самостоятельных занятиях по разным предметам.

Использования информационно – коммуникационных технологий при изучении математики в 10-11 классах должно быть ориентировано на раскрытие творческого потенциала личности учащегося, формирование рационального стиля мышления. При этом необходимо учитывать особенности познавательной деятельности учащихся, их интересы [3].

Изучая индивидуальные особенности учащихся, возникает ряд вопросов, а именно: какой образ компьютера складывается в сознании ребенка по мере его знакомства с этим обучающим средством; каковы преобладающие мотивы обучения старшеклассников в условиях информатизации: какие факторы наиболее сильно воздействуют на динамику поведение на этих уроках; при каких условиях целесообразно использовать информационно – коммуникационные технологии на уроках математики; что меняется в деятельности учителя и его поведении во время компьютерных уроков, но больше всего вызывают интерес такие проблемы: получают ли учащиеся, общаясь с компьютером, новые возможности для своего развития? Изменяется ли роль учителя во время компьютерных уроков. Наконец, какую роль в процессе использования компьютера в обучении математики играет программное обеспечение?

На основе наблюдения нами за уроками с использованием информационно – коммуникационных технологий и без них в старших классах общеобразовательных школ города Алматы и Алматинской области, можно сделать следующие выводы:

1. Предварительная подготовка учителя к уроку с использованием информационно – коммуникационных технологий позволяет тщательно продумать методику включения всех учеников в деятельность, поэтапное оценивание этой деятельности, диалог учителя с учеником (благодаря интерактивности) . учитель осознает особенности познавательной деятельности учащихся.

2. Отличительная особенность компьютерного урока – деловая и очень спокойная атмосфера, общение детей друг с другом и с учителем на предметной основе.

3. Функции оценивания и контроля переданы компьютерной обучающей программе (в результате бесконфликтный характер обучения).

4. В конце урока с использованием информационно – коммуникационных технологий учащиеся после звонка не стремятся не перемену, а стараются завершить выполняемую работу (высокая мотивация обучения).

5. Во время компьютерных уроков дети от начала урока до конца работают много и упорно. Их взаимодействие – деловое.

6. Реакция на плохую оценку не столь болезненно воспринимается как на обычном уроке.

7. На уроках с использованием информационно – коммуникационных технологий у учащихся ярко выражаются стремление к самостоятельности.

8. У учащихся не возникает вопрос о целесообразности изучения курса математики, хотя в своей будущей профессии могут практически не использовать математический материал.

Список использованной литературы

1 Роберт И.В. Современные информационные технологии в образовании: дидактические проблемы; перспективы использования. – М., Школа – Пресс, 1994.-153с.

2 Исмаилова З.Н. Некоторые психолого – педагогические аспекты использования компьютерных технологий при обучении математике. // Педагогические науки. Известия Южного федерального университета. 2012, №7 – С. 106 – 112. (входит в «Перечень…» рецензируемых изданий ВАК РФ)

3 Исмаилова З.Н. Особенности использования компьютера при изучении алгебры и начало анализа в старших классах // Дагестанский Математический Сборник Том IV. – Махачкала, 2010, С. 58 – 63.

УДК 004.946
ГРНТИ 28.17.33

I.Zh. Essengabylov[1], A.O. Aldabergenova [2], A. Esseykyzy [3]

[1,2,3] Zhasugurov Zhetysu State University, Taldykorgan, Kazakhstan

METHODS OF CREATING THREE-DIMENSIONAL MODELS IN THE GOOGLE SKETCHUP

Abstract

In the modern world, 3D modeling is often used in various spheres of human activity. Every day, this concept is gaining an increasing role and scope of application. The beginning of this article considers the basic concept of 3D modeling, its advantages, and the need for today. The main attention is paid to the program Google SketchUp, where you can create many 3D models, from ordinary figures to the most complex architectural objects. The central part of the article gives a step-by-step guide to creating the first 3D models in the Google SketchUp program (or how to turn stationary 2d drawings into 3D models). It also describes what basic manipulations can be made with objects, and what tools can be used to make tricky, complex changes in a figure in simple ways. Using this article as a guide to using this program, you can already learn how to create small, different 3D models.

Keywords: 3D model, SketchUp, manipulating, moving, dimension, scaling, stretching, rotating

Аңдатпа

І.Ж. Есенғабылов[1], А.О. Алдабергенова[2], А. Есейқызы[3]

[1,2,3] І. Жансүгіров атындағы Жетісу мемлекеттік университеті, Талдықорған қ.,Қазақстан

GOOGLE SKETCHUP ЖОБАСЫНДА ҮШ ӨЛШЕМДІ МОДЕЛДЕРДІ ҚҰРУ ӘДІСІ

Қазіргі таңда 3D модельдеу түсінігі адам өмірінің түрлі салаларында қолданылады. Және де бұл түсініктің ролі мен қолдану аясы күннен күнге өркендеп келе жатыр. Мақаланың алғашқы бөлімінде 3D модельдеудің негізгі түсінігі, оның артықшылықтары және қазіргі таңдағы маңызы қарастырылады. Басты назар қарапайым фигуралардан бастап, күрделі архитектуралық объектілер сияқты түрлі үш өлшемді модельдерді құруға

мүмкіндік беретін Google SketchUp бағдарламасына аударылады. Негізгі бөлімінде Google SketchUp бағдрламасында алғашқы 3D модельдерді құрудың нұсқаулығы (немесе 2D стационарлық суреттерін 3D модельдерге ауыстыру қалай жүзеге асатыны) берілген. Сонымен қатар, объектілермен қандай негізгі манипуляциялар жүргізуге болатыны, фигураларда күрделі өзгертулерді қарапайым амалдармен жасау үшін қандай құрал-саймандар қолданылатыны сипатталады. Бұл мақаланы қолдана отырып, Google SketchUp бағдарламасында бірқатар 3D модельдерді құрып үйренуге болады.

Түйін сөздер: 3D модел, SketchUp, манипуляциялау, жылжыту, өлшем, масштабтау, созу, айналдыру

Аннотация

І.Ж. Есенғабылов[1], А.О. Алдабергенова[2], А. Есейқызы[3]

[1,2,3] Жетысуский государственный университет имени И.Жанусугурова, г.Талдыкорган, Казахстан

МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ В ПРОЕКТЕ GOOGLE SKETCHUP

В современном мире понятие 3D моделирование часто используется в различных сферах жизнедеятельности человека. И с каждым днем это понятие набирает все большую роль и области применение. В начале данной статьи рассматривается основное понятие 3D моделирования, его преимущества и необходимость в сегодняшний день. Главное внимание уделяется программе Google SketchUp, на которой можно создать множество 3D моделей, от обычных фигур до сложнейших архитектурных объектов. В основной части статьи дается пошаговое руководство создания первых 3D моделей в программе Google SketchUp (или как превратить стационарные 2D рисунки в 3D модели). Также описывается какие основные манипуляции можно производить с объектами, какими инструментами можно пользоваться для проделки сложных изменений в фигуре простыми способами. Используя эту статью как руководство по пользованию данной программой можно уже научиться создавать небольшие различные 3D модели.

Ключевые слова: 3D-модель, SketchUp, манипулирование, перемещение, измерение, масштабирование, растяжка, вращение

In the modern world, 3D modeling is often used in various spheres of human activity. Every day, this concept is gaining an increasing role and scope of application. 3D-model technologies allow turning any digital image into a voluminous physical object that can be reproduced "at home." If you think about these technologies, they should drastically change the average user's behavior. Instead of passively consuming what gives him mass production of objects, he can create the objects he needs independently and in a form that completely satisfies him.

3D systems allow the simulation of the product before creating drawings or prototypes. The main document, in this case, is a three-dimensional computer model. In bulk, it consists of one of its main advantages. If, for example, an image costs thousands of words, then the 3D model costs thousands of drawings[1]. It is no coincidence that the visualization of the product takes first place in the long list of advantages of 3D modeling. After all, a flat drawing is static, and the model can be rotated and studied from any point, changing the scale of viewing at will. In this case, it is easy to see the project's errors and failures, assess the degree of its compliance with the original design, and verify the future product for collection, which is extremely important for subsequent fabrication[2].

To create a three-dimensional model of a particular object, we studied the possibilities of free programs such as TinkerCAD, 3DSlash, 123D Design, SketchUp, and Blender. The advantages of the SketchUp program surpass the others, as it is the only one in the list of free 3D packages that is almost inferior to the functionality of paid applications. With a very simple and intuitive interface, the program's functionality is not inferior to any complex applications[3]. Having studied the features of SketchUp, we created a three-dimensional model of a residential private house. Based on this model, we provided a technique for creating 3D objects using the SketchUp program.

When creating the model, the following tools were used: selection tool, drawing tool, eraser, modification tool, camera tool, Google tool, and so on. The most basic and often used tool is the Pull / Push tool.

We are giving you the technique of creating a three-dimensional model of a residential private house. Any three-dimensional drawing on SketchUp starts with a static image, a two-dimensional object.

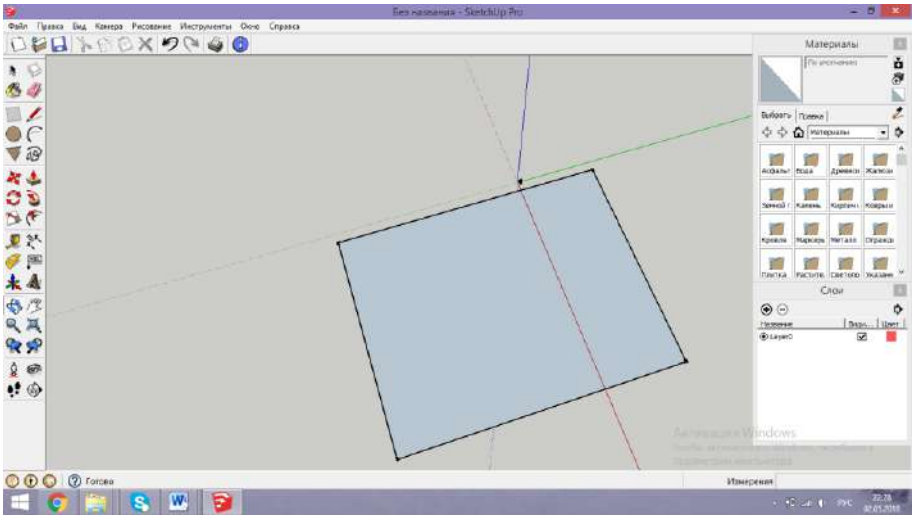


Figure 1

Select the Rectangle tool by pressing the "R" button or on the toolbar. Immediately specify the exact size of the rectangle that we need. To do this, we put the first point of the rectangle, then stretch it to an arbitrary distance. After that, enter the numbers 720 and 300 through the semicolon (;) and press "Enter" on the keyboard.

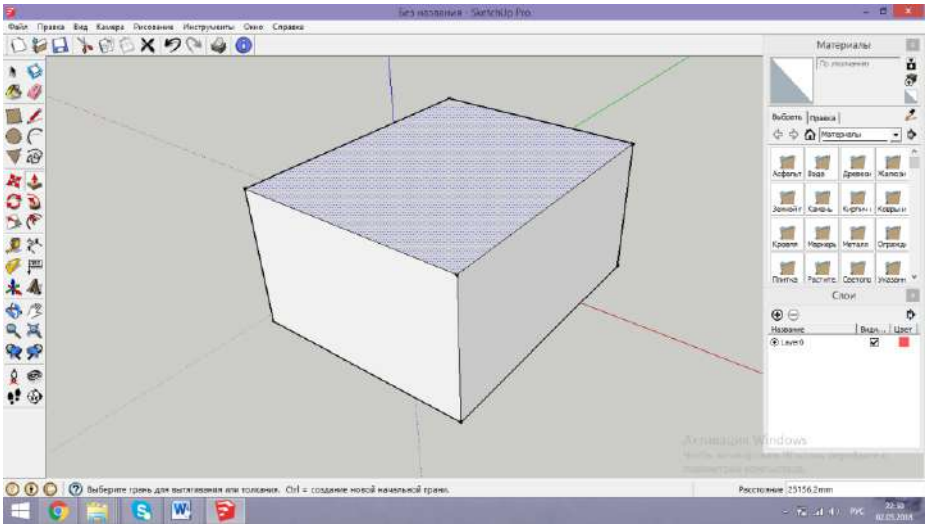


Figure 2

Using the Pull / Push tool, drag the figure up so our rectangle turns into a three-dimensional model. The Push / Pull tool is SketchUp's most commonly used and unique tool:

• This tool acts "at a time" only on one Face of any geometry and in a direction only perpendicular to it.

• If you want to repeat the same extrusion by the same amount and in the same direction (as in the previous one) with several different surfaces, immediately click the tool twice on each subsequent click.

• If you want to create a "multi-storey" object with new start surfaces on each level - use the tool with the Ctrl key pressed[4].

• The tool can also create voids (subtracting the volume), for example, by making a hole in the bagel push the inner circle to the opposite plane until it disappears. Note that this option works only when the front and back surfaces are parallel [4].

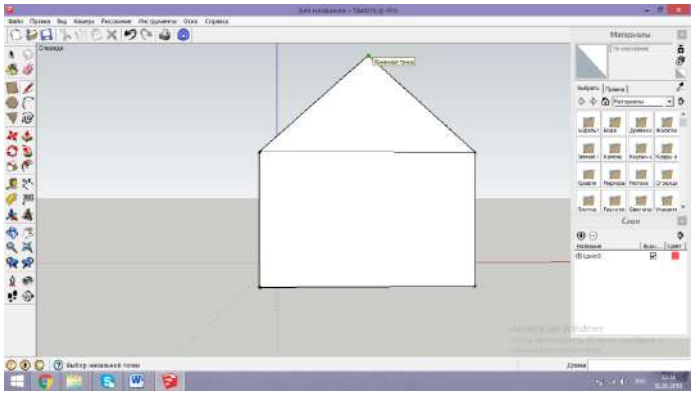


Figure 3

Next, select the Triangle and Line tool and build the roof for our house in this way: First, we insert the triangles on both sides, then connect the two triangles with the tool line. As a result, the roof area is automatically filled.

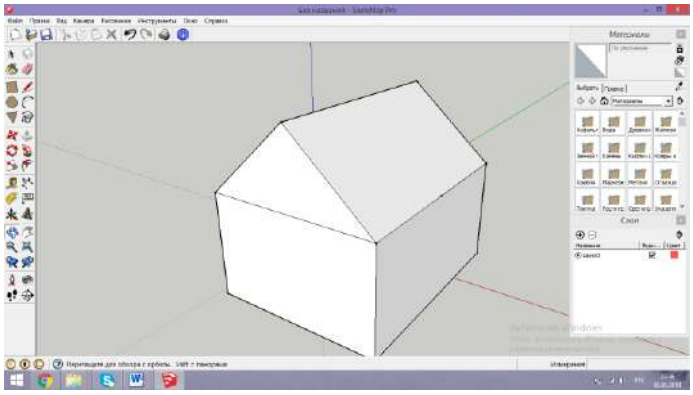


Figure 4

Using the Line tool create a decorative roof protrusion. Press the "L" button in the English keyboard layout, draw lines of the roof edge. Now we see not only a figure but an almost complete three-dimensional model of a private house.

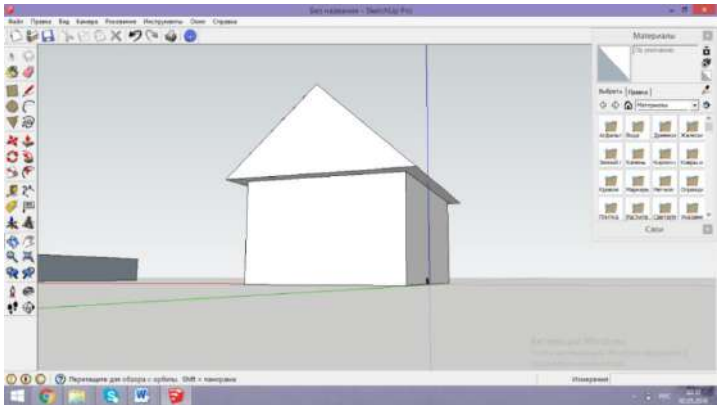


Figure 5

The Offset tool helps to proportionally move the selected edges in the plane. So, for example, we can set the desired thickness for the roof.

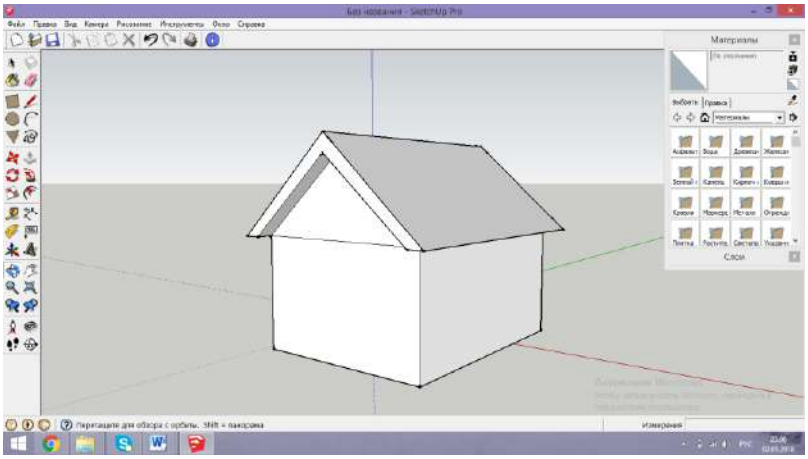


Figure 6

To make all the windows the same, you can draw a single window with lines, then select with the Select tool and Ctrl keys. Then click Edit-> Paste and place it in the required place. A window frame can also be made a tool Offset.

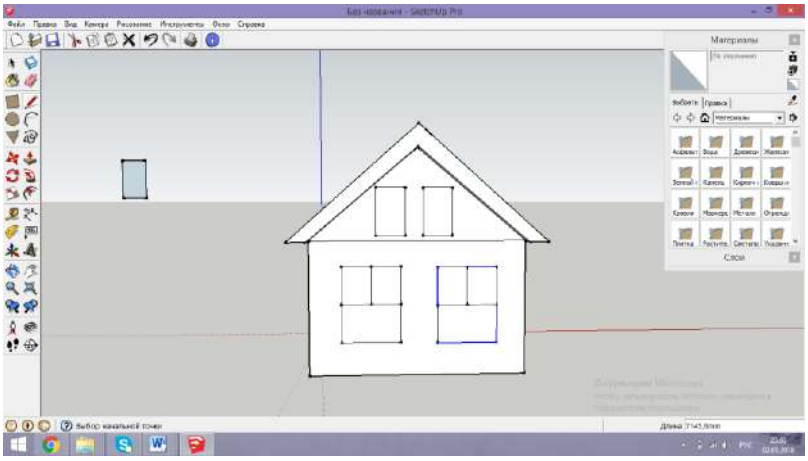


Figure 7

Using the Rectangle Tool, you can make the fence for the house, and fill it with suitable material, for example, "Iron mesh." Also, all windows need to be filled with a light-permeable material.

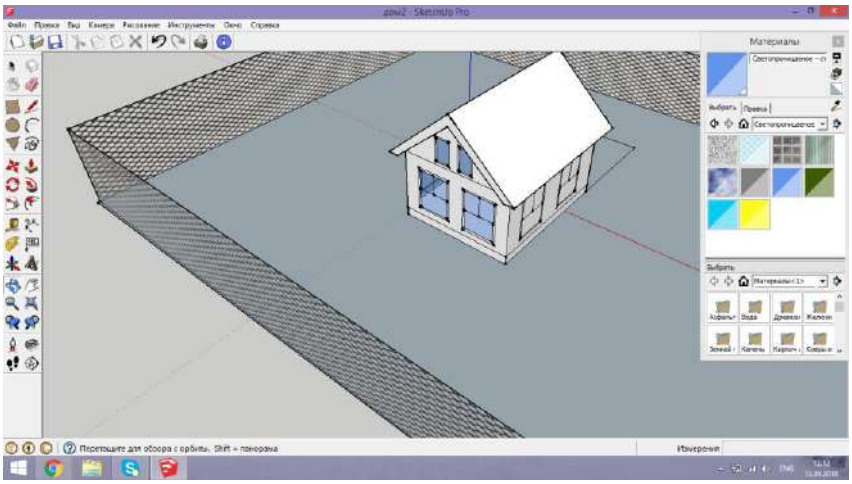


Figure 8

We first draw the staircase for the house with Rectangles, then use the Pull / Push tool to push it to the desired size (you can also specify a certain size from the keyboard).

We also fill each element of the house with the appropriate materials, for example, the foundation of the house can be filled with the material of the stone-fence (facing).

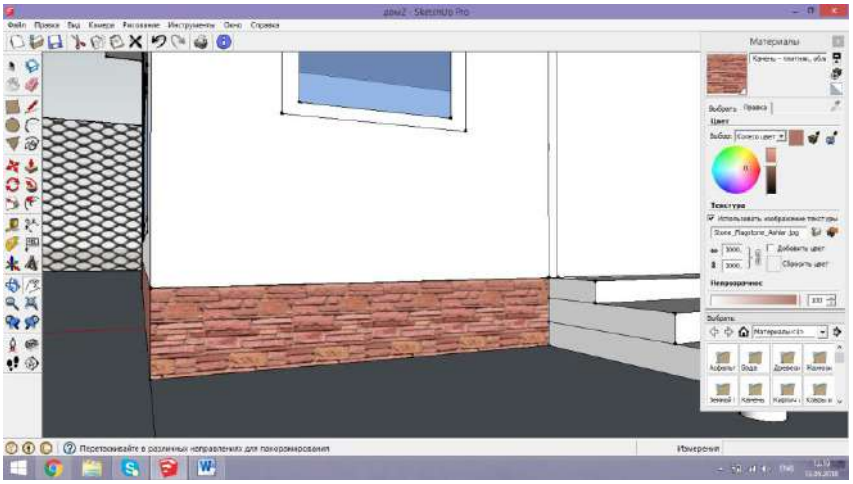


Figure 9

Using each tool and including imagination, you can create and add various parts for the house. The canopy on the staircase is made using the Circle tool, then Pull / Push to extend the columns. And the canopy itself is made by the Rectangle tool and Move to put it in the right place.

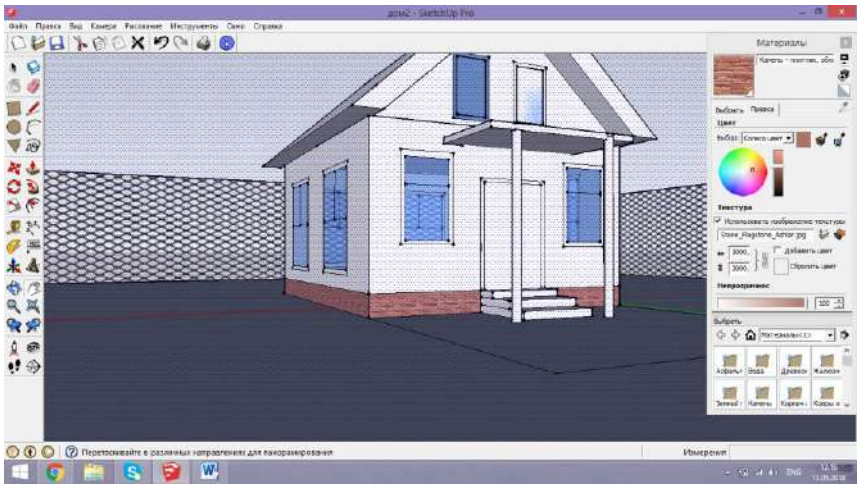


Figure 10

So our tiny house is ready. This model is only the initial design stage of the SketchUp program since the program's capabilities are limitless.

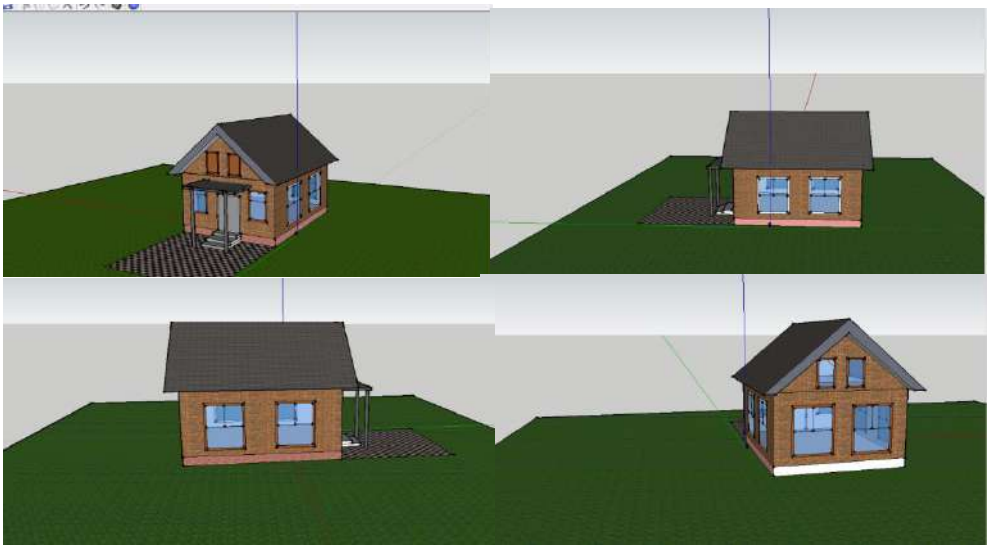


Figure 11

SketchUp is 3D modeling software for creating geometric 3D objects, such as architectural models, scale models, interior design elements, and functional parts [5]. This program offers the perfect combination of simplicity and quality: SketchUp is known for its user-friendly interface and easy learning curve. Using our technique of creating three-dimensional models of objects, you can easily master the design system for the program SketchUp.

In my opinion, SketchUp is an excellent addition to the toolkit for 3D designers because it is easy to learn, has a user-friendly interface, and provides a logical working structure for creating fast 3D models.

References:

1 Mathematical modeling of communication systems: a textbook / K. K. Vasiliev, M. N. Sluzhivy. - Ulyanovsk: UlSTU, 2014. - 170 p.

2 3ds Max 2017. Design of interiors and architecture. Book 1. Author: Olga Milovskaya, 416 pp. 2017.

3 Fundamentals of 3D modeling in the graphics system 2018. Study Guide. Author: And. B. Abbasov. The volume: 188 pages.

4 3D printers in education: the coming future. Catherine Tolkacheva. August 13, 2015. Internet link: https://newtonew.com/overview/3d-printer-in-school

5 Use of modern methods of optimization of industrial planning http://studbooks.net/64869/menedzhment/ispolzovanie_sovremennyh metodov_optimizatsii_proizvodstvennogo_planirovaniya

6 3D bioprinting of tissues and organs. // Nature Biotechnology No. 32, 773-785 (2014)

УДК 002.6:37.016
ГРНТИ 20.01.45

А.Е. Ибраимкулов[1]

[1]тех.ғыл.магистрі, оқытушы, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

ЖАҢАРТЫЛҒАН БАҒДАРЛАМА – БІЛІМ БЕРУДЕГІ САПАЛЫ НӘТИЖЕНІҢ КӨРСЕТКІШІ

Аңдатпа

Мақалада білім беру саласының заман талабына сай жаңа жүйеде болу қажет екендігі сөз етіледі. Сонымен қатар, жаңартылған білім беру мазмұны бойынша информатика пәнінен өтілетін курстың маңыздылығы мен тәжірибеде қолдануда жетістікке жету жолдары қарастырылған. Сондай-ақ, жаңартылған жалпы білім беру бағдарламасын іске асырудағы ең негізгі түрткіл сабақ жоспарларын жетілдіру жолдары келтірілген. Сабақ жоспарында болуы тиіс негізгі мәселелер сипатталған. Жаңартылған мазмұнда оқытудағы нақты тақырыпқа мысал берілген. Бүгінгі күні үш тілділік заман қажеттілігі, сол себепті жаңа бағдарлама бойынша оқушылар информатика пәні бойынша да үш тілде тәжірибе алуын қарастырады. Сабақтың құрылымын әртүрлі әдіс-

тәсілдерді ұсыну арқылы өту жолы сипатталған. Сонымен қатар, оқушыларды дәстүрлі оқытудан өзгеше, нәтижелікке жетуге бағыттау арқылы оқыту айтылады.

Түйінді сөздер: информатика, оқытуды ұйымдастыру, білім беру, жаңартылған білім беру мазмұны, бағалау, жоспарлау, нәтиежелі білім беру.

Аннотация

А.Е. Ибраимкулов[1]

[1]магистр тех.наук, преподаватель, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан

ОБНОВЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ КАК ПЕРЕХОД НА НОВЫЙ КАЧЕСТВЕННЫЙ УРОВЕНЬ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Статья посвящена проблемам выбора новой модели политики в сфере образования в условиях модернизации. В статье представлен обзор актуальности и практического применения предмета информатики о содержании обновленного образования. Есть также некоторые способы улучшить наиболее важные основные планы уроков для реализации обновленной общеобразовательной программы. Приведен пример конкретной темы в содержании обновленного контента. Описывается способ изучения структуры урока различными методами. А также трехъязычие на сегодняшний день – это абсолютная необходимость, поэтому учащиеся могут практиковаться в трехязычии на уроках информатики. Кроме того, описывается как ученики учатся иначе, чем традиционное обучение, с уделением особого внимания производительности.

Ключевые слова: информатика, обучение, образование, содержание образования, оценка, планирование, рефлексия.

Abstract

UPDATING THE CONTENT OF EDUCATION IS A RESULT OF THE EDUCATION QUALITY

Ibraimkulov A.E.[1]

[1]Master degree in Engineering Science, Lecturer, Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

The article provides an overview of informatics's relevance and practical application on the content of renewed education. There are also ways to improve the most important basic lesson plans for implementing the updated general education program. An example of a specific topic is provided in the updated content. The way to learn the lesson's structure through different methods is described. Trilingualism for today is an absolute necessity. Students can practice trilingualism in computer science lessons. In addition, it is recommended that pupils learn differently from traditional teaching, with a focus on productivity.

Keywords: informatics, education, education content, evaluation, planning, reflection.

Білім беру саласы үнемі жаңарып, түрленіп, өз кезегінде нәтижесін көрсете отырып, алып ағаштың тамырындай етегін кеңге жайып, қарыштап қанатын серпуі тиіс өзге саланың санатынан көшін бастайтын, өзге саланы көшке бастайын ерекше жүйе деген дәрежесі жоғары баға беруге болады. Ал осындай ауқымды сипатты ұстап тұруы үшін осы салада қызмет ететін, ісіне берік білім мамандарын заманға сай білім берудің кілтін көрсетуде біліктілікті арттыру курстарының маңызы жоғары [1].

Қазақстан Республикасында орта білім мазмұнын жаңарту аясында «Информатика» пәні бойынша педагогика кадрларының біліктілігін арттыру білім беру бағдарламасы бойынша курстар өтіліп жүр. Осы курстардың мақсаты ҚР Президенті Нұрсұлтан Әбішұлының «Қазақстан Республикасында білім беруді және ғылымды дамытудың 2016-2019 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасы» бойынша білім беру саласына енген жаңартылған бағдарлама бойынша информатика мамандарының білімін жетілдіру [2]. Жаңартылған білім беру мазмұнының берері көп, болашағы зор тың бастама. Олай дейтініміз, тиімді педагогикалық әдіс-тәсілдерді білім беруде пайдалана отырып, оқушыға берілген әрбір жаңа материал оның болашағын кемелдендіре отырып, өмірде қолдануға баулып, түпкілікті нәтижеге жетуге тырысу дер едік. Сонымен қатар, әрбір сабақ оқушы жастарды партиоттылыққа тәрбиелеп, жалпы қазақстандық ортақ шаңырағымыздың ұлттық идеясы, барша қазақстандықтарды біріктіретін, ел болашағының іргетасын қалаған басты құндылықтардың жиынтығы саналатын «Мәңгілік Елдің» болашағын қалаушы етіп шығаратыны сөзсіз.

Аталған курс, жаңартылған білім беру мамзұнын тиімді іске асыру үшін мұғалім нені талап ететіндігі және мұғалімнен нені талап ететіндігі айқындалды. Сонымен қатар, жаңартылған жалпы білім беру бағдарламасының мазмұны, оқу бағдарламасы мен оқу жоспарының құрылымы, білім беру бағдарламасының шиыршықталған қағидаты толық сипатталып, нақты істе қолдану дәрежесіне жеткізді.

Жаңартылған жалпы білім беру бағдарламасында қолданылатын құжаттарға сүйене отырып, шиыршықталған білім беру бағдарламасы аясында әр мұғалім белгіленген оқыту мақсаттарына сәйкес білім беруге көшеді. Мұндағы шиыршықталған білім беру бағдарламасы шеңберінде пәндегі тақырыптар әртүрлі деңгейлерде қайталанып отырады, кейде бір тоқсанда, кейде бірнеше тоқсан қатарынан қайталанады. Тақырыптар келесі деңгейде алдыңғы деңгейге қарағанда анағұрлым тереңдетіліп оқытылады және деңгей жоғарылаған сайын, тақырыптың күрделілігі артып отырады да оқушының білім-білік дағдысы арта түседі. Мұғалім тиімді оқу мен оқытудың жұптық, топтық, диалогтік және т.б. түрде оқыту арқылы оқушылардың сабаққа деген белсенділігін арттырып, пәнаралық байланыс орнатып, оқушылардың қажеттіліктерін қанағаттыруға күш жұмсайды.

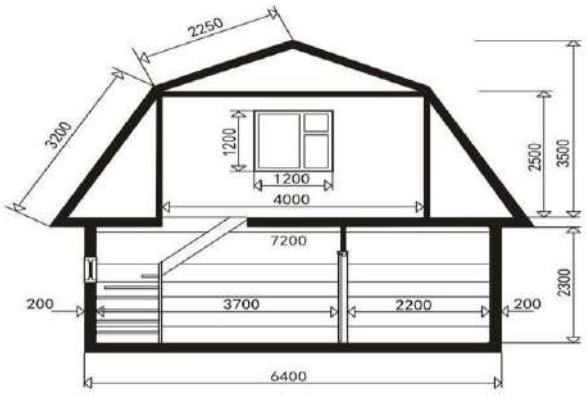
Информатика пәні үздіксіз дамып, күн өткен сайын жаңарып келе жатқан жас ғылым саласы. Сол себепті жаңартылған білім бағдарламасының басты қағидаттарының бірі болып саналатын АКТ-ны білім беруде пайдалану көзқарасы информатика пәні үшін орны ерекше. Олай дейтініміз, электронды оқу және жаңа технологияларды пайдалану арқылы білім алушыны белгілі бір салаға баулып, белсенді оқушыны қалыптастырып, заманауи құралдар көмегімен оқушының ой-өрісін дамытуға мүмкіндік алады [3].

Мысалы ретінде, оқушылардың шығармашылық қырларын дамытуға мүмкіндік беретін компьютерлік программалардың бірі 3 өлшемді модельдер құруға арналған «Үш өлшемді модельдер» тақырыбында 7-сыныптың информатика пәніндегі SketchUp-ты оқытуды қарастырсақ. SketchUp - мектеп оқушыларының деңгейіне лайықталған, қарапайым үшөлшемді нысандар – құрылыс, жиһаздар, интерьерлерді және т.б. құруға арналған құрал-саймандары мен компоненттерінен тұратын тегін нұсқадағы 2006 жылы Google компониясы мен LastSoftware фирмасының бірігіп жасауымен шыққан программа. Оқушылар бұл сабаққа қатысу арқылы төмендегі нәтижелерге қолжеткізеді:

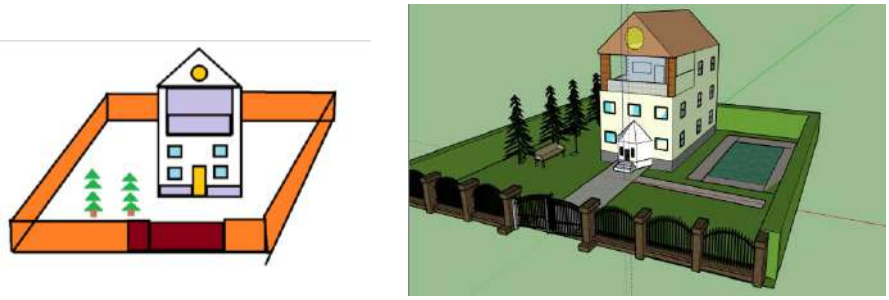
модель ұғымы;

- модельдеу дегеннің не екендігі, оған нақты мысалдар келтіруді;
- модельдеудің түрлерін;
- 2d және 3d модельдеудің айырмашылығы мен қандай программа қолданылатындығын;
- SketchUp-тың терезесінің элементтерін;
- SketchUp-та өз бетінше нысандарды модельдеуді.

Қорытындысында, оқушылар бұл программаның маңыздылығын, оның нақты өмірге қажеттілігін, мүмкіншілігін сипаттап өтеді. Рефлексия ретінде «Көп нұсқалы жауаптарды қажет ететін сұрақтар» арқылы тақырыпты тәмамдауға болады. Бұл тақырып пәнаралық байланыс жасауда: ағылшын тілі, геометрия, сызу пәні, бейнелеу өнері секілді (1-сурет) пәндермен етене әрекеттестік жасайды. Бейнелеу, сызу сабағында оқушылар SketchUp-та жасаған модельдерін сурет парағына қолмен немесе қарапайым сурет салуға арналған программада салып жоспарласа (2-сурет) ол екі өлшемді нысан салғанын аңғарады, ал геометрия сабағынан симметриялы болуына назарын аударады.



Сурет 1. Үй кескінін қолмен салу



Сурет 1. 2D және 3D кескіндерді салу

Ал ағылшын тілінен программаның атауынан бастап яғни «Sketch – сызу, эскиз, салу» дегенді білдеретінін, құрал саймандардың ағылшын тілінде аталауын қоса біліп шығады.

Оқушының білімін бағалау жүйесі де түбегейлі өзгеріске ұшырап, критериалдық бағалау жүйесіне өтеді. Критериалды бағалау да оқушылардың үлгерімі алдын ала ұсынылған критерийлердің нақты көрсеткішімен өлшенетін болады. Оқушылардың үлгерімі мынадай түрде бағаланады: қалыптастырушы бағалау және жиынтық бағалау. Бұл бағалау жүйесінің ең негізгі артықшылығы – оқушының ойлау қабілетін дамытып, ғылыммен айналысуына ықпалын тигізеді. Қалыптастырушы бағалау күнделікті оқыту мен оқу үдерісінің ажырамас бөлігі болып саналады да, әр тоқсан сайын жүйелі түрде өткізіледі. Қалыптастырушы бағалау үздіксіз жүргізіле отырып, оқушылар мен мұғалім арасындағы кері байланысты қамтамасыз етеді және балл не баға қоймастан оқу үдерісін түзетіп отыруға мүмкіндік береді. Жиынтық бағалау оқу бағдарламасының бөлімдерін мысалы, ортақ тақырыптарын және белгілі бір оқу кезеңін (тоқсан, оқу жылы, орта білім деңгейі) аяқтаған оқушының үлгерімі туралы ақпарат алу мақсатында балл және баға қою арқылы өткізіледі. Қалыптастырушы бағалау және жиынтық бағалау барлық пәндер бойынша қолданылады.

Жаңартылған жалпы білім беру бағдарламасын іске асырудағы сабақ жоспарларын жетілдіру де курстың ең негізгісі болып саналады. Өйткені білім беруде мұғалім ұзақ мерзімді, орта мерзімді, қысқа мерзімді жоспарларға сүйене отырып, сабақтың толық мақсатына жетуге жол ашады. Ұзақ мерзімді жоспар бұл бір оқу жылына арналған болса, ал орта мерзімді жоспар бір жарты жылдық немесе тоқсанға арналады, қысқа мерзімді жоспар күнделікті сабаққа арналып жазылады. Аталған жоспарлаудың мұғалім үшін маңызы зор, себебі кез келген тақырыпқа қойылған оқу мақсаттары мен күтілетін нәтиже жетуге бағдар болмақ [4]. Мұғалім сабақ жоспарын жоспарлағанда мына нәрселерге алдын ала болжам жасайды, яғни:

– оқушыларының сол тақырыпты меңгергенге дейінгі және кейінгі деңгейінің қандай болатындығы, оның ішінде оқушылардың басым көпшілігі, кейбір оқушылар деп бөліп алып қарастырады;
– бағалау критерилерін құрады;
– тақырып арқылы құндыдықтарға дамытуды;
– пәнаралық байланыс пен алдыңғы меңгерілген білімді ұштастыруды;
– сабақтағы қызығушылықты ұйымдастырудағы бірнеше әдіс-тәсілдерді қарастырады;
– практикалық тапсырмалар беріп, сабақты бекітуді;
– Рефлексия яғни кері байланыс жасауды.

Осы арада, оқушылар үшін рефлексия жасаудың маңыздылығын атап өтсек. Рефлексия бұл оқушының нақты өзіне назар аударуы, жасаған жұмысына, өзінің біліктілігіне, жеке құрылымына (құндылығы, қызығушылығы, мотив), ойлау мен түсінік, шешемі қабылдау, эмоционалды көрсеткіш механизімі секілді жеке басының білімінің мазмұны мен функциясы.

Педагогикада рефлексия жасауда қолданылатын әдіс-тәсілдер өте көп. Осы әдіс-тәсілдерге қысқаша шолу жасасақ:

1.«Жетістік баспалдағы» деп аталатын әдісте әр кезеңдерді тақтаға жекелеп жазып қоюға болады. Сабақтың соңында оқушыларға өздерінің жұмыстарының жетістіктерін әр кезең бойынша баспалдақ жетістігінде көрсетуге болады.

2.«Анкета» әдісінде оқушыларға кішігірім анкета ұсынылады,ол өзгертуге болатындай толықтырылып отырылады, яғни сабақтың қандай ерекше элементтеріне көңіл аудару керектігін белгілейді.Оқушылардан өздерінің жауаптарын дәлелдеп беруін сұрауға болады.

3.«Көп нұсқалы жауаптарды қажет ететін сұрақтар» әдісінде мына сұрақтарға жауап береді:

- Не себепті қиын болды?
- Сабақта нені білдім, қандай жаңа нәрсе үйрендім?
- Сабақта сіздердің болжамдарыңыз орындалды ма?
- Бүгінгі сабақтан не алдыңыз?
- Сабақ сіздерге қандай ой тастады?

4.«Арал» әдісі. Эмоциональдық тұжырымдамалық карта үлкен ақ қағазға «арал» бейнесінде салынады (қуаныш, көңілсіздік,қорқыныш, күту, қанағаттану, Бермуд үшбұрышы және т.б). Сабақтың соңында немесе аптаның соңында оқушылар өздерінің көңіл-күйлерін,эмоционалдық көңіл-күйлерін тақтада ілініп тұрған тұжырымдамалық «арал» картасына маркермен (фломастермен) сурет салу арқылы немесе кеме суретін ілу арқылы бейнелейді.

5.«Сөз соңында менің айтарым». Оқушыларға дәйекті түрде жауап беруге үш сұрақ беріледі. Сабақта сіздердің болжамдарыңыз қаншалықты орындалды және бұл үшін кімге рахмет (мұғалімнен басқа)? Не түсініксіз неліктен? Мен және біз болашақта нені күтеміз?

Сонымен қатар, жаңартылған білім беру мазмұндағы тағы да бір ерекешелігі бір тақырыпты не болмаса бір тарауды бітірген соң, мұғалім мен оқушылар тақырыпты талқылауға, пікірталас ұйымдастыруға көңіл бөлуді атап өткен жөн. Пікірталас пен талқылау тәсілдерінің жинағы ретінде, практикада кеңінен қолданылып жүрген мына тәсілдерді ұсына кетсек:

- Еркін талқылау;
- Жұптық әңгіме;
- Тыңдап отырған үштік;
- Сұрақтар шеңбері;

Енді әрбір тәсілдің мақсатын, сипаттамасын атап өтейік:

1. Еркін талқылау тәсілінінің:

Мақсаты: оқушының көш басшылығын, жауаптылығын мадақтау, мұғалімнің материалды қайта қолданудан аулақ болуы.

Сипаттамасы: бұл тәсілді шағын топта қалай болса, сондай ақ барлық сыныппен орындауға болады. Құрылымы болмағандықтан,бұндай талқылауда көмек керек болуы мүмкін. Көмекті мұғалім көрсете алады , бірақ жұмыс топтарда өтсе мұғалім барлық топқа үлгермеуі мүмкін . Нұсқа ретінде бір оқушыны көмекші болуды сұрауға болады, бұл техника оқушыны, ол оқушы әрекеттерінің оң тәжірибесін алысымен пайдалануға және осы рольдегі мінез-құлқының негізгі аспектілерін талқылауға болады.

2. Жұптық әңгіме:

Мақсаты: Идеяларды құрастырып, белсенді тыңдап, бар ойын талқылауға шоғырландыруға мүмкіндік береді. Жұптарды қолдану оқушыларға сөйлеуге және үлкен топтарда өзін сенімсіз сезінетін оқушыларға көмектесуге мүмкіндік береді.

Сипаттамасы: Оқушылармен талқылау үшін ынталандыратын немесе арнайы сұрақтар мен тақырыптарды қолданыңыз. Белсенді тыңдап, жауап беруге жетелеңіз. Тақырыпты белгілеу үшін А мен Б атаңыз (мысалы, А тыңдайды, ал Б сөйлейді, кейін керісінше. Оқушылардан олар жеке жауап алғысы келетін сұрақ қоюды сұраңыз, кейін бұл сұрақ жұпта талқыланады.

3. Тыңдап отырған үштік:

Мақсаты: Бұл әңгіме тақырыбының тұжырымдамасын және үдерісті түсінуді дамытатын ақпарат алуға арналған құрылымдалған жаттығу. Сондай-ақ бақылаушы ролі арқылы өзін өзі сараптауды дамытуға ықпал етеді.

Сипаттамасы: Оқушылар топта үшеуден отырады. Әр оқушы сөйлеуші, сұрақ қоюшы және жазып алушы рөлін атқарады. Сөйлеуші бір нәрсені айтады, сұрақты түсіндіреді немесе пікірін білдіреді. Сұрақ қоюшы көмектесіп айтып отырады және түсінтеме беруді сұрайды. Жазып алушы қажетті жерлерін түрліп алып, әңгіме соңында қорытынды береді.Келесі жолы рөлдер ауысады.

4. Сұрақтар шеңбері:

Мақсаты: Идеяларды білдіру,тыңдау машықтарын дамыту, барлық қатысушылар қатыса алады, оқыту ортасын түзету.

Сипаттамасы: Бұл әдіс бойынша оқушылар кезекпен сұрақ қояды. Оқушылар төрт немесе бес адамнан шеңберлер құрады. Тақырыпты ойлануға біршама уақыт беріңіз. Сосын талқылауды бастаңыздар, әр оқушы үш минут (немесе басқа уақыт) үзбей сөйлейді. Бұл уақытта ешкімге еш нәрсе айтуға рұқсат етілмейді. Барлығы айтарын айтып болғаннан кейін. Шағын топ үшін және

ортақ талқылау үшін тақырыпты ашыңыз. Оқушы сөзін, өз ойымен емес алдында айтып кеткен оқушының айтқанымен құру керек, сондай-ақ олар жаңа идеялар келтірмеу керек.

Қорытындылай келгенде, жаңартылған білім беру бағдарламасы оқушыны жан-жақты, білімді, теория мен тәжірибені қатар меңгерген, үш тілді білетін, қоғамның жанашыры, жеке өзіндік ойы мен мені бар тұлға ретінде шығару болып табылады. Ал ұстаздар қауымы үшін үнемі ізденістілікті, жан-жақтылықты, бәсекеге қабілетті болып, еліміздің үміт артып отырған саналы ұрпақтарын тәрбиелеу мен заманауи білім беруде өзіндік бағдар беретін болашағы зор бағдарлама болып саналмақ.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1 «Әділет» ҚР нормативтік құқықтық актілерінің ақпараттық-құқықтық жүйесі

2 Мемлекет басшысы Н.Назарбаевтың Қазақстан халқына жолдауы. 2017 жылғы 31 қаңтар// http://www.akorda.kz

3 Ы. Алтынсарин атындағы Ұлттық білім академиясы// http://nao.kz

4 Егемен Қазақстан - Жаңартылған білім беру мазмұны: https://egemen.kz

УДК 55:004
ГРНТИ 38.01.85

Ж.Д. Изтаев[1], Д.А. Бибулова[2], М.Т. Байжанова[3]

АЛГОРИТМ ПОДПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ КАФЕ В ООП DELPHI 7

[1] к.п.н., доцент, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова, г. Шымкент, Казасхтан
[2,3] Магистрант, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова, г. Шымкент, Казасхтан

Аннотация

В этой работе была разработана и внедрена система для правильного ведения базы данных кафе, которая содержит данные о блюдах, предоставляемых в кафе, официантах, заказах и содержании каждого из заказов. Кроме того, эта система генерирует сводные листы, рейтинговые листы на основе данных из этой базы данных и обеспечивает ввод, удаление, хранение и редактирование информации, которая содержится в таблицах данных. Программа обладает развитым графическим интерфейсом. С данной программой могут работать пользователи различной квалификации. Приложение создано в инструментальной среде разработки приложений Delphi, реализующей современные подходы к программированию: объектно–ориентированный подход и визуальные средства быстрой разработки приложений. При написании программы основное внимание было уделено удобству работы пользователя. Итоговые отчетности формируются с помощью одного SQL-запроса.

Ключевые слова: база данных, кафе, формы, компонент, ООП Delphi 6, расчет.

Аңдатпа
Ж.Д. Изтаев[1], Д.А. Бибулова[2], М.Т. Байжанова[3]
[1] п.ғ.к., доцент, М.Әуэзов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент қ., Қазақстан
[2,3] М.Әуэзов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университетінің магистранты, Шымкент қ., Қазақстан

DELPHI 7 ОБП ОРТАСЫНДА КАФЕНІ БАСҚАРУ ПРОГРАММАСЫНЫҢ АЛГОРИТМІ

Бұл жұмыста кафелердегі деректер базасын дұрыс енгізу үшін мәліметтер қоры әзірленіп, енгізілді. Бұл мәліметтер қоры дәмханадағы даяшылар, тағамдар, кафедегі тапсырыстар және тапсырыстардың әрқайсысының мазмұны туралы деректерді қамтиды. Бұдан басқа, бұл жүйе осы дерекқордан алынған деректерге негізделген қысқаша парақтарды, бағалау парақтарын шығарады және деректер кестелерінде қамтылған ақпаратты енгізуді, жоюды, сақтауды және өңдеуді қамтамасыз етеді. Бағдарлама әзірленген графикалық интерфейске ие. Әр түрлі біліктіліктегі пайдаланушылар осы бағдарламамен жұмыс істей алады. Бағдарлама бағдарламалаудың заманауи тәсілдерін іске асыратын Delphi қосымшаларын жасау ортасында жасалады: объектілі-бағытталған көзқарас және жедел қолдануды дамытудың визуалды құралдары. Бағдарламаны жасаған кезде негізгі назар осыған аударылды. Соңғы қорытынды бір SQL-сұрыптауы бойынша жасап көрсетіледі.

Түйінді сөздер: деректер қоры, кафе, пішін, компонент, ООР Delphi 6, есептеу

Abstract

Iztayev Zh.T.[1], Bibulova D.A.[2], Bayzhanova M.T.[3]
[1] Cand. Sci. (Pedagogical), Associate Professor, M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
[2,3] Student of Master Prjgramme, Associate Professor, M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

ALGORITHM SUBPROGRAMME OF MANAGMENT CAFE IN OOP DELPHI 7

In this work, a system was developed and implemented to properly maintain a database of cafes, which contains data on dishes provided in cafes, waiters, orders, and the contents of each of the orders. In addition, this system generates summary sheets and rating sheets based on data from this database. It provides input, deletion, storage, and editing of information contained in the data tables. The program has a developed graphical interface. Users of different qualifications can work with this program. The application is created in the Delphi application development environment, which implements modern approaches to programming: an object-oriented approach and visual tools for rapid application development. When writing the program, the main attention was paid to the user experience. The report forms are formed with the help of one SQL query.

Keywords: database, cafe, form, component, OOP Delphi 6, calculation

Сегодня на рынке программных продуктов очень большое распространение, в связи с их востребованностью, получили различного рода системы для учёта внутри фирменной информации (будь то кафе, столовая, ресторан и т.д.), позволяющие быстро и качественно формировать текущую отчётность.

Ничто не меняется в наше время так быстро, как цены, и никто не знает это лучше, чем бухгалтеры кафе, ресторанов, столовых - все те, кого называют бухгалтерами предприятий общественного питания. Почти ежедневное изменение цен на продукты, появление новых блюд в меню, с одной стороны, и жесткие и неизменные требования инструкции по ценообразованию для предприятий общественного питания всех форм собственности и подчиненности, с другой стороны, вынуждают бухгалтеров еще и еще раз пересчитывать все то, что только вчера позволило сформировать меню для предприятия. В этой ситуации покупка по новой цене какого-нибудь «основного» продукта может стать большой проблемой и лишить бухгалтера всего свободного времени. К сожалению, калькуляционные задачи в общепите были трудными всегда, и чем больше было предприятие, тем сложнее становились задачи. Силы и ум «калькулятора», затрачиваемые на составление калькуляций и отчетов трудно было оценить раньше, когда не было вычислительной техники. Сегодня есть программы для персональных компьютеров, которые позволяют автоматизировать процедуру калькуляции цен на блюда.

К сожалению, можно усомниться в эффективности автоматизации учета в общепите, если программисты ориентируются на применение электронных таблиц, предполагая, что бухгалтер будет самостоятельно производить обслуживание «своих» таблиц - создавать вовремя архивные копии, оперативно менять настройки таблиц. Гарантировать после этого отсутствие ошибок в бухгалтерских расчетах просто невозможно. Но в тоже время, трудно представить себе систему предприятий «Мак-Дональдс» без специалистов, в частности, в области вычислительной техники, и так же трудно представить бухгалтера из этой системы, занятого хотя бы на час рабочего времени проблемами «своего» компьютера.

В чем же секрет успеха и эффективной автоматизации задач учета в общепите?

Традиционно в работе предприятия общественного питания можно выделить следующие этапы:

1) формирование меню (пересчет в случае изменения цен на продукты);

2) оформление официантами счетов для клиентов и контроль за их оплатой;

3) формирование отчетности по результатам реализации.

Первая задача - формирование меню - решается в два этапа:

- формирование калькуляционных карточек;
- формирование меню.

Уже автоматизация этих задач позволяет существенно облегчить труд бухгалтера.

Следующий этап - выписка счетов официантами - обычно не представляет большой трудности. Официант просто указывает в меню заказанные блюда и их количество, после чего счет готов. Все выписанные счета необходимо сохранять, что позволит в дальнейшем составлять различные отчеты.

Последний этап - формирование отчетности по работе кафе, ресторана и т.п. Этот этап является одним из самых трудоемких. Ситуация усугубляется еще и тем, что отчет о реализации блюд

составляется ежедневно. Если же на предприятии существуют различные подразделения, например, кухня, кондитерский цех и т.п., то отчеты составляют по каждому подразделению в отдельности. Однако автоматизация всех предыдущих этапов работы предприятия общественного питания, а именно: составление меню и выписка счетов официантами, - позволяет полностью автоматизировать задачу составления отчетов.

Таким образом, секрет эффективной автоматизации задач учета в общепите заключается в автоматизации задач учета на единой информационной базе. Именно применение этого принципа позволяет сделать логику работы программы такой же простой и понятной, как логика работы самого предприятия общественного питания.

Кроме того, как известно, чем проще программа в эксплуатации и чем меньше специальных навыков и знаний требует она от пользователей, тем меньшее количество ошибок будет допущено при составлении бухгалтерских документов с ее использованием.

В настоящее время практически все предприятия общего питания используют автоматические системы учета и контроля на производстве. Уходят времена ручного учета, рукописных чеков и многочисленной бухгалтерии, что позволяло допускать «выгодные» ошибки использовать разные ситуации для личного обогащения. Возможность автоматизировать систему заказа, производства, учета и отчетности, позволяет проконтролировать на любом этапе – движение товара, движение денег и себестоимость продуктов и готовых блюд, получить отчетность на любой момент, за любой период времени.

Прежде чем говорить непосредственно о проблемах автоматизации общепита, остановимся на задачах этой автоматизации, оценке необходимости и возможности ее применения.

Чего же ждут руководители предприятий питания от этой самой автоматизации? Опираясь на опыт внедрения систем учета, можно заметить, что в идеале тот или иной руководитель хочет одного: при минимальных затратах на информационную систему получить инструмент, позволяющий увеличить прибыль. Этот инструмент должен быть по возможности простым, надежным и как можно меньше напоминающим о себе. Казалось бы, - прописные истины, но зачастую многие о них забывают.

Система учета может влиять на прибыль как в положительную, так в отрицательную сторону.

Плюсы:

– Возможность сравнительно быстро *получить оперативную информацию* о состоянии склада, объемах продаж, работе персонала и текущей прибыли. Соответственно, руководитель среднего звена (менеджер) получает необходимую информацию по внесению корректив в работу. Это относится к планированию закупок продуктов, посуды и прочего, планированию рабочего времени и количества обслуживающего персонала (официантов, поваров, кладовщиков, менеджеров и т.д.) планированию внутреннего распорядка и перемещений.

– Возможность *сравнить реальный расход продуктов с расчетным* (планируемым) согласно рецептуре. Таким образом, руководитель получает дополнительный инструмент *для борьбы со злоупотреблениями сотрудников.*

– Возможность *уменьшить время на обслуживание клиентов* (обработку заказа и выписку счета). Этот аспект немаловажен в плане борьбы за “торопливого” клиента. Это довольно неоднозначная и важная проблема, зачастую являющаяся предметом жарких споров между разработчиками систем автоматизации и персоналом предприятий питания. Поэтому ниже мы остановимся на ней подробнее.

– Возможность *накапливать данные о работе* за длительный период для дальнейшего детального *анализа и* дальнейшего *планирования* деятельности.

– Относительная *легкость* предоставления данных *для бухгалтерского учета.*

К минусам систем автоматизации можно отнести следующие моменты:

– Прежде всего, это *дополнительные единовременные вложения денег* в уплату за аппаратное и программное обеспечение, а также - за обучение персонала и руководства.

– Кроме того, любая система автоматизации *требует дополнительных средств на поддержку и техническое обслуживание.* Иногда даже требуется увеличивать штат сотрудников специально для постоянного сопровождения информационной системы (так называемая стоимость владения, в которую также входят дополнительные затраты на электроэнергию, расходные материалы и время, затрачиваемое на “борьбу” с компьютерами, принтерами, модемами, ридерами и прочим).

– И, как это не покажется парадоксальным, *краткосрочное,* но *увеличение времени на обработку заказа и выписку счета.* Поясним подробнее кажущееся противоречие. Здесь большое значение имеет психологический фактор, а попросту - привычка. Официант, выписывавший раньше счета от руки, не сразу привыкает делать это с помощью компьютера, поэтому скорость его работы несколько падает. Но, после адаптации к новым условиям процесс идет быстрее. И уже через довольно непродолжительное время ему уже трудно себе представить ручное оформление счета. В основном, ускорение процесса достигается за счет автоматизации арифметических действий при подсчете скидок и итоговых сумм. Если при этом автоматизирована передача заказов на кухню, то уже нет необходимости лишний раз бегать с ним на кухню.

Вот основные предпосылки для создания и внедрения в каждом конкретном случае оптимальной системы учета. Минусы необходимо минимизировать или свести на нет, а положительные стороны реализовать в наиболее полном объеме.

Нетрудно заметить, что при должной организации работы в ресторане, кафе или любом другом предприятии общественного питания система автоматизации учета нужна разве что только для накопления данных с целью долгосрочного планирования и развития. Остальные же плюсы применения автоматизации при наличии толковых и честных менеджеров, метрдотелей, бухгалтера, кладовщика и официантов достигаются и без помощи дополнительных компьютерных систем.

На практике такое положение дел встречается исключительно редко. Особенно, где предприятие только начинает работать, и персонал набирается. С обслуживанием клиентов (клиентскими счетами) бывают совершенно невероятные случаи путаницы. Воровство среди “своих” подчас достигает угрожающих бизнесу размеров, а ведение товарного и бухгалтерского учета становится непосильной задачей. Именно эти причины побуждают директоров ресторанов и кафе искать и внедрять в свою деятельность системы автоматического учета товародвижения, рабочего времени сотрудников, а также, собирать информацию о постоянных клиентах. Ведь человек, как это ни прискорбно, склонен ошибаться. Автоматизировав некоторые рутинные процессы, можно существенно уменьшить вероятность таких ошибок и сузить простор для деятельности “нечистых на руку” сотрудников. Конечно, таких целей можно достичь без убытка для своего кармана только в том случае, если ясно видны цели применения какой бы то ни было ресторанной системы, и, если система полностью отвечает возложенным на нее задачам, не требуя при этом избыточных ресурсов (людских, временных и пр.).

В данной работе была спроектирована и реализована система корректного ведения базы данных кафе, в которой содержатся данные о блюдах предоставляемых в кафе, официантах, заказах и содержании каждого из заказов. Более того, данная система формирует итоговые ведомости, рейтинговые листы по данным из этой базы и обеспечивает ввод, удаление, хранение и редактирование информации, которая содержится в таблицах данных.

Программа обладает развитым графическим интерфейсом. С данной программой могут работать пользователи различной квалификации.

Приложение создано в инструментальной среде разработки приложений Delphi, реализующей современные подходы к программированию: объектно–ориентированный подход и визуальные средства быстрой разработки приложений. При написании программы основное внимание было уделено удобству работы пользователя. [1].

База данных проекта содержит таблицы Mater.Db, RaportProd.DB, Nakl.DB, .DB, RaportMat.DB, Store.DB

Итоговые отчетности формируются с помощью одного SQL-запроса.

Текст SQL-запроса следующий:

```
SELECT DISTINCT D.NameBluda, D.Gotiv_or_Not, D1.Prise, D2.NameGarson, D2."Date", D2."Time"
FROM "FBluda.DB" D, "FContentZakaz.DB" D1, "FZakaz.DB" D2
WHERE (D1.NumBluda = D.NumBluda)
 AND (D2.NumZakaz = D1.NumZakaz)
ORDER BY D.NameBluda, D.Gotiv_or_Not, D1.Prise, D2.NameGarson, D2."Date", D2."Time" [3].
```

Входные и выходные данные

Входные данные: информация о блюдах, официантах, заказах и содержании заказов.

Выходные данные: ответы на запросы оператора по различного рода данным, печатные отчеты, рейтинговые листы .

Для проверки правильности функционирования программы необходимо подготовить тестовый набор данных и проверить правильность формирования программой итоговых ведомостей и рейтинговых листов.

Правильность формирования печатного документа устанавливается визуально.

На основе данных, полученных в результате тестирования, установлена правильность работы программы.

Инструкция по применению. Была разработана система корректного ведения базы данных кафе и формирования итоговых ведомостей и рейтинговых листов в среде программирования Delphi. После запуска программы на экране появится форма с меню.

Пользователь выбирает нужную кнопку, соответствующую нужной ему операции и, если он выбрал кнопку «Список блюд», он корректирует, добавляет или удаляет записи таблиц, соответствующих определенному блюду.

Если же он выбрал пункт меню «Данные о заказе», то на экране появится форма, в которой пользователю предоставляется возможность добавления, удаления и редактирования всех данных касающихся заказа клиента [2].

При выборе пункта «Содержание заказа» пользователю предоставляется возможность добавления, удаления и редактирования всех данных касающихся блюд принадлежащих к выбранному заказу, а также распечатать данные по заказу, с указанием текущей даты, фамилии официанта, и выставленной суммы.

При выборе пункта «Итог» пользователю предлагается возможность формирования итоговых ведомостей по каждому из официантов и блюд, а также формирования рейтинговых листов по выбранному блюду (или группе блюд), при желании пользователь может вывести полученные отчеты на печать, нажав на кнопку «Печать». После адаптации и небольшой доработки система может применяться и в качестве платформы для различных кафе.

Список использованных источников

1 *Гофман, В. Э., Хомоненко, А. Д. Delphi 7. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 1152 с.*

2 *Рыжикова Е.Г. База данных. - Брянск: БГИТА, 2013. – 17 с.*

3 *Алексеев Е.Р., Чеснокова О.В., Кучер Т.В. FreePascal и Lazarus. Учебник по программированию. – М.: ALT Linux: Издательский дом ДМК-пресс, 2010. – 440 с.*

УДК 002.6:37.016
ГРНТИ 20.01.45

С.Ә. Исаев[1], О.С. Ахметова[2], А.Ә. Ақжолова[3]

[1] ф.-м.ғ.к., профессор, Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2] п.ғ.к. доцент, Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2] магистр, Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университетінің аға оқытушысы, Алматы қ., Қазақстан

БІЛІМ БЕРУДЕ МОБИЛЬДІ ОҚЫТУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ҚОЛДАНУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІГІ

Андатпа

Қазіргі заманда мобилді технологияларды жаппай қолдану кеңінен өріс алуда.Мобилді құралдарды жаппай қолдану оқу үрдісін қамту мен ұйымдастыруда табылмайтын техникалық қамтама болып табылады.Білім беруде мобилді технологиялар – тұлғаның ақпараттық мәдениетін қалыптастыруда қажетті құрал. Мобилді технологиялар мен мобилді құралдар күнделікті өмірдің бір бөлігіне айналды. Мобилді технологияларда жасалған схемалар оқу үрдісіне табысты қолдануда.Жаңа технологиялардың артықшылығы оқуда олардың жеңіл әрі ықшам түрлерің қолданлуы.Аталған мақалада мобилді технологияларды, Android жүйелерін оқу үрдісіне қолдану қөарастырылған.

Түйін сөздер: мобилді оқыту, Android операциялық жүйе, интернет, Google Play Market қосымшалар, ойын программасы, Java тілі.

Аннотация

С.Ә. Исаев[1], О.С. Ахметова[2], А.Ә. Ақжолова[3]
[1] к.ф.-м.н., профессор Казахского государственного женского педагогического университета, г.Алматы, Казахстан
[2] к.п.н., доцент Казахского национаьного педагогического университета имени Абая, г.Алматы, Казахстан
[3] магистр, Казахский государственный женский педагогический университет, г.Алматы, Казахстан

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ В ОБРАЗОВАНИИ

Использование мобильных технологий прочно входит во все сферы нашей жизнедеятельности. Массовость использования мобильных устройств делает их отличным техничеким инструментом для организации и обеспечения образовательного процесса. Мобильные технологии в образовании – это необходимый инструмент формирования информационной культуры личности. Мобильные технологии и мобильные устройства уже стали совершенно неотъемлемой частью всех повседневных аспектов нашей жизни. Схемы, основывающиеся на мобильных технологиях и возможностях Интернета, могут быть успешно интегрированы в учебный процесс. К основным преимуществам применеия новейших технологий можно отнести возможность использовать в обучении легкие, компактные, портативные устройства. В данной статье рассматривается применение мобильных технологий в обучении, а также особенности применения системы Android в обучении.

Ключевые слова: мобильное обучение, операционная система Android, интернет, приложение Google Play Market, игровая программа, язык Java.

Abstract

FEATURES OF THE APPLICATION OF MOBILE TRAINING TECHNOLOGIES IN EDUCATION

Issayev S.A.[1], Akhmetova O.S.[2], Akzholova A.A.[3]
[1] Cand. Sci. (Phys-Math), Professor, Kazakh State Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan
[2] Cand.Sci. (Pedagogic), Associate Professor, Abai University, Almaty, Kazakhstan
[3] Master's degree in Computer Science, Senior Lecturer, Kazakh State Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan

The use of mobile technology is firmly entering all areas of our life. The massive use of mobile devices makes them an excellent technical tool for organizing and supporting the educational process. Mobile technologies in education are necessary for forming a person's information culture. Mobile technologies and devices have already become integral to all everyday aspects of our lives. Schemes based on mobile technologies and Internet capabilities can be successfully integrated into the learning process. The main advantages of applying the latest technologies include using light, compact, portable devices in training. This article discusses the use of mobile technologies in training and the features of using the Android system in training.

Keywords: mobile learning, Android operating system, Internet, Google Play Market application, game program, Java language.

Информатика – оқытушылардан білім берудің мазмұнына оқытудың жаңа формасын ендіруді талап ететін, заман талабына сай жылдам дамитын ғылыми білімнің бір саласы болып табылады. Мысалы, объектіге бағытталған бағдарламалауды оқыту үдерісінде көбінесе дәстүрлі оқыту формасы бойынша дәрістік және зертханалық сабақтарды пайдаланып оқытады. Қазіргі кездегі білім беруде бұл үдерістер бағдарламалауды оқу пәні ретінде дамытуға жеткіліксіз. Сондықтан білім беруді ақпараттандыру ғасырында дәстүрлі оқыту әдістерімен қатар, оқыту үдерісін ұйымдастырудың қашықтықтан және мобильді оқыту формалары сияқты заманауи оқыту технологияларын пайдалану қажет.

«Мобильді оқыту» (m-learning) термині осыдан 10 жылдай бұрын ағылшын педагогикалық әдебиетінде пайда болған. Соңғы кездері бұл термин біздің елімізде де пайдаланыла бастады. Көптеген ғалымдар мен педагогтардың пікірінше, болашақтағы оқыту сымсыз Интернет пен мобильді байланыс қызметтерінің қолжетімділігі білім берудің сапасы мен мүмкіндігін кеңейтетін ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың, атап айтқанда байланыстың мобильді құралдарының таралуымен, смартфондар мен айфондардың танымалдылығымен, көп мөлшерде оқыту бағдарламалары мен қосымшаларының, сондай-ақ қимыл интерфейстері типті жаңа технологиялардың пайда болуымен байланысты болады [1].

Оқытудың негізгі шарттарының бірі, мысалы, студенттердің әртүрлі қолданбалы бағдарламалық өнімдерді дайындау бойынша зертханалық жұмыстарды орындай отырып алған білімдерін, жоғары оқу орнының оқу бағдарламасы аясындағы информатикада меңгерген білімдерін тәжірибеде қалай пайдалана алу керектігін түсінулері болып табылады. Осыған орай, өнімді әзірлеген платформаны дамыту ортасын таңдап зертханалық жұмыстардың циклын дайындау қажет.

Даярланатын зертханалық практикум төмендегідей талаптарға жауап беруі қажет:

– бұрын алынған білімді тереңдету;

– студенттердің жалпы информатика пәніне, атап айтқанда бағдарламалауға деген қызығушылығын арттыру, кейбір кертартпа ойларды жаңаша көзқарасқа өзгерту, университет аясында бағдарламалауды оқыту туралы дайындалған бағдарламадағы оқытудың жалпыға бірдей қабылданған идеясы шеңберінен шығу;

– бағдарламалық өнімді даярлауды және қолдану аймағын көрнекі түрде көрсету.

Осыған байланысты даярланатын зертханалық жұмыстардың циклына ойын бағдарламаларын және мобильді құрылғыларға арналған қосымшаларды дайындау үдерісін қоса пайдалану керек.

Қазіргі заманауи ғаламда техника қарқынды түрде дамуда. Әсіресе бұл компьютерлік техниканың өнімділігі мен мобильділігіне байланысты болуда. Қазіргі кездегі мобильді телефондар өнімді, яғни жаңа процессорлар, жаңа операциялық жүйелер, экрандары үлкен әрі жарық, үстел компьютерінен ешқандай айырмашылығы жоқ, кейде нақты тапсырманы орындауға өте қолайлы болып табылады. Заманауи мобильді телефондар мен планшеттерге арналған операциялық жүйелер мен бағдарламалық өнімдерді даярлаумен Google, Apple, Microsoft, Blackberry, Mozilla және осы сияқты беделді компаниялар мен IT-индустриялық корпорациялар айналысады. Қазіргі кезде мобильді нарықтың өте жылдам дамуы жоғарыда аталған компанияларға ғана емес мобильді қосымшаларды даярлаушыларға да өте үлкен табыстар алып келуде.

Қосымшаларды дайындауға арналған платформаны таңдау үшін қазіргі қоғамдағы ең танымал мобильді қосымшаларға төлем жасаған өте орынды. Статистика бойынша бүгінгі күні мобильді құрылғыларға арналған ең танымал операциялық жүйелерге Android, iOS және Windows Phone сияқты операциялық жүйелер жатады, 2013 жылғы ахуал бойынша Android операциялық жүйесі орнатылған смартфондардың сатылым үлесі жалпы алғанда шамамен 79% құраған. Заманауи мобильді нарықта жылдам дамушылық пен адам айтқысыз танымалдылықты ескеретін болсақ, 2013 жылы барлығы 998 миллион смартфондар сатылғанын айтуға болады [2].

Android заманауи әлемдегі ақпараттық технологиялардың феномені болып табылады: 2007 жылдан бері оны бүкіл әлем бойынша осы операциялық жүйемен миллиардтаған белсенді құрылғылардың белгісін еңсеру үшін тек 6 жыл ғана уақыт қажет болды, бұл тарихтағы ең жылдам дамып келе жатқан ақпараттық жоба болды [3]. Android операциялық жүйесі интуитивті түсінікті, оңай меңгеріледі, өзгереді және бапталады, үнемі жақсартылып, жаңартылады. Осы операциялық жүйемен жабдықталған телефондарға жүйенің өзгертілген нұсқасын (кейінгі және бұрынғы шыққан нұсқаларын, бейресми өзгертілген «микробағдарламалық жасақтама») орнатуға болады, яғни пайдаланушының еркін іс-әрекеттері Android-тың ең негізгі ерекшелігі болып табылады.

Android операциялық жүйесі бағдарламалауды оқыту үшін өте ыңғайлы. Android операциялық жүйесі Linux операциялық жүйесінің ядросына және қазіргі заманғы ақпараттық технологиялар индустриясының ең ірі және ықпалдыларының бірі болып саналатын американдық Google корпорациясынан Java бағдарламалау тілін жүзеге асыруға негізделген. Құрастырушы бағдарламалаушыларға арналған барлық мүмкіндіктерді көрсетіп бере алады, мысалы, AOSP ресми сайтында осы платформаға арналған қосымшаларды дайындау бойынша құжаттаманы ұсынады (Android Open Source Project – ашық ағымдағы кодпен Android жобасы).

Android оны меңгеру үдерісін жеңілдетіп қана қоймай, оған арналған бағдарламалық өнімді дайындаушы ашық операциялық жүйе болып табылады. Сонымен қатар, Android-қа негізделген зертханалық жұмыстардың циклы студенттерге сабақта Java бағдарламалау тілінен бұрын алған білімдерін бекітуге, сондай-ақ, оларды объектіге бағытталған бағдарламалаудың тұжырымдамаларымен жақын танысуға мүмкіндік береді. Android операциялық жүйесінің танымалдығы біздің жағдайымызда үлкен мүмкіншілік екенін айта кету керек. Қазіргі заманауи әлемді мобильді телефонсыз елестету мүмкін емес, бүгінгі күні мобильді телефондар әрбір адамның қолында бар. Өзінің ұялы телефонына бағдарламалық өнімді жазу арқылы студенттің пәнге деген ынтасын оятып, оны меңгеруге қызығушылығын тудырады. Google Play Market сияқты қосымшаларды тарату қызметі бүкіл әлемдегі құрастырушыларға өздерінің бағдарламалық өнімдерін жалпыға ортақ пайдалануға, ақылы және тегін таратуға мүмкіндік береді. Студенттер өздерінің қалаулары бойынша өзбеттерінше өзіндік бағдарламалық өнімдерін дайындауға және оларды сатылымға шығаруларына болады.

Операциялық жүйе мен бағдарламалау тілін таңдағаннан кейін зертханалық жұмыстар циклы дайындалады. Одан кейін жобамызды жүзеге асыру тәсілдерін, ортасын, бағдарламалық өнімді

дайындаудың қосымша құралдарын таңдау керек, сондай-ақ, жобаның педагогикалық компоненттерін анықтап, оқыту әдістері мен формаларын таңдау қажет.

Сонымен бүгінгі күні Android ең танымал мобильді операциялық жүйе болып табылады, оған жасалған сұраныстар саны өте жоғары. Мысалы, 2013 жылы шілдедегі Google Play Market-ке орналасқан қосымшалардың жалпы саны бойынша миллиондаған белгілерді көрсеткен. Құрастырылған қосымшалардың әртүрлілігі, құрастыру құралдарының әртүрлілігін қажет етеді. Ірі IDE (Integrated Development Environment) арасында Android Studio, Eclipse IDE, IntelliJ IDEA, NetBeans IDE сияқтыларды атап көрсетуге болады. Таңдау барысында студенттердің дайындау орталарымен қаншалықты дәрежеде таныс екендіктерін қарастырып алған жөн.

Мемлекеттік педагогикалық университеті Eclipse IDE дайындау ортасын пайдаланады, сондықтан біз өзіміздің мақсатымызға жету үшін сол ортаны таңдауымыз қажет. Әдетте Eclipse IDE дайындау ортасы Android қосымшаларын дайындауға арналмаған. Ол үшін Android SDK-ның (Software Development Kit – әзірлеу құралдарының жиынтығы) ресми бөлігі болып табылатын, Eclipse IDE-ге арнайы әзірленген, Google корпорациясының ресми плагині Development Tools (ADT) қосымша құралын орнату қажет.

Жобаның педагогикалық құраушысы кезеңінде ойын бағдарламалық өнімін құрастыруды модуль деп аталатын бірнеше бөлімге бөлетін зертханалық жұмыс жүйесі әзірленеді. Бұл тәсіл барлық оқу материалдары жеке блоктарға бөлінген белгілі бір тақырыптары бар модульдік оқытуды қолдануға мысал бола алады. Тапсырмалар әртүрлі деңгейде болуы мүмкін, яғни мұнда жеке тұлғаға бағытталған оқыту түрі де қатысады. Модульді оқытудың әрбір блогында міндетті түрде бақылау жұмыстары болуы керек, яғни студенттер зертханалық жұмыстағы меңгерілген материалдар бойынша кішігірім тест тапсырады, бақылау сұрақтарына жауап береді немесе ұсынылған принциптер бойынша бағдарламаларды орындайды. Ойын жобасын құрастыру логикалық және шығармашылық ойлауды қалыптастырады, студент ойынның тұжырымдамаларын таңдап және оны жүзеге асыру тәсілдерін басынан аяғына дейін ойластырып, өзін үлкен бағдарламалық өнімді дайындаушы ретінде сезінуі керек.

Сонымен қатар, ойын бағдарламалық өнімін дайындау «жобалау әдісі» деп аталатын өте кең таралған оқыту әдісі болып табылады. Бұл әдісті жүзеге асыру барысында студентке нақты мақсаттарға қол жеткізуді қажет ететін белгілі бір жұмыс кешенін орындау ұсынылады. Кешенге (жобаға) кіретін әрбір жеке жұмыс белгілі бір уақыт шығынын талап етеді, кейбір жұмыстар тек қана белгілі бір тәртіп бойынша орындалуы мүмкін. Мысалы, зертханалық жұмыстарды орындаған сайын оның күрделілігі біртіндеп артып отырады. Жобалау әдісінің негізгі мақсаты – студентті белгілі бір білімді алуға жетелейтін, нақты бір мәселеге деген қызығушылығын арттыру, мысалы, студенттің бұрын кездестірген әртүрлі ойын бағдарламалық өнімдері туралы білімі.

Java тілінде ойын бағдарламалық өнімін жасау – студенттердің бағдарламалауды жоғары, сапалы деңгейде тереңдетіп меңгеруіне, сондай-ақ, бұрынғы алған білімін қайталау мен жаңа материалдарды меңгеру әдістерін қатар қолдануға, орындағыштық және креативті ойлауды жаттықтыруға, өзінің мобильді құрылғысына қосымшаларды дайындауға мүмкіндік беретін үдеріс болып табылады.

Осылайша, зерттеу барысында дайындалған зертханалық практикум 1-2 курс студенттерін Android операциялық жүйесіне арналған Java бағдарламалау тілін қолдану арқылы бағдарламалау негіздерін тиімді үйретуге мүмкіндік береді.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1 Титова С.В. Мобильное обучение сегодня: стратегии и перспективы / Титова С. В. [Электронный ресурс] // Вестник Московского государственного университета – 2012. –URL: http://titova.ffl.msu.ru/articles/Mobile-learning-today-strategies-and-perspectives.doc (дата обращения: 25.04.2018).

2 Android on 80% of smart phones shipped in 2013 //canalys.com URL: http://www.canalys.com/newsroom/android-80-smart-phones-shipped-2013 (дата обращения: 20.04.2018).

3 Android is the fastest growing product in tech history// phonearena.com URL: http://www.phonearena.com/news/Android-is-the-fastest-growing-product-in-tech-history_id49089(дата обращения: 20.04.2018).

УДК 002.6:37.016
ГРНТИ 20.01.45

С.Ә. Исаев [1], С.С. Рахманова [2]

[1] ф.-м.ғ.к., профессор, Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2] магистр, Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

ИНФОРМАТИКА МЕН МАТЕМАТИКАНЫ ОҚЫТУ ҮДЕРІСІНДЕ ОРТАБУЫН ОҚУШЫЛАРДЫҢ ЛОГИКАЛЫҚ ОЙЛАУ ҚАБІЛЕТІН ЖЕТІЛДІРУ ПРОБЛЕМАЛАРЫ

Аңдатпа

Бұл мақалада: информатика және математиканың пәнаралық байланасы; математика сабағында ақпараттық-коммуникациялық технологияларды пайдалану; информатика және математиканы оқыту үдерісінде ортабуын оқушылардың логикалық ойлауы; логикалық ойлау қабілетінің жетілдіру проблемалары, және олардың алдын алуы қарастырылады. 5-6 сынып оқушыларының математика сабағында логикалық ойлау қабілетін жетілдіру проблемалары; проблеманың мазмұнына қарай ойлау түрлерін талдау, олардың байланысы және айырмашылықтары; логикалық ойлаудың, логикалық пікірталасты қолдануын қажет етпейтін тапсырмаларда ерекше орын алуы талқыланады.

Сонымен қатар бұл мақалада оқушылардың қызығушылығын арттыру үшін оқу үдерісінде ақпараттық-коммуникациялық технологияларды қолдануы қажеттілігі айтылады. Сонымен қатар логикалық ойлаудың жетілдіруі мен логика арқасында қиын жағдайлардан өз бетінше шығу мүмкіндіктері сипатталады.

Түйін сөздер: пәнаралық байланыс, ақпараттық- коммуникациялық технологиялар, логикалық ойлау, логикалық тапсырма, логикалық ойлаудың түрлері, логикалық ойлаудың ерекшеліктері.

Аннотация
С.Ә. Исаев [1], С.С. Рахманова [2]
[1] к.ф.-м.н., профессор, Казахский государственный женский педагогический университет, г. Алматы, Казахстан
[2] магистр, Казахский государственный женский педагогический университет, г. Алматы, Казахстан

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ЛОГИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ УЧАЩИХСЯ-ПОДРОСТКОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ИНФОРМАТИКЕ И МАТЕМАТИКЕ

В данной статье рассматриваются: межпредметная связь информатики и математики; использование информационно-коммуникационных технологий на уроках математики; логическое мышление учащихся-подростков в процессе обучения информатике и математике; проблемы развития логического мышления, а также их предотвращение. Обсуждаются проблемы развития логического мышления у учащихся 5-6 классов на уроках математики; проведен анализ классификации видов мышления в зависимости от содержания проблемы, их взаимосвязь и различия; показано, что логическое мышление занимает особое место в задачах, не требующих вычислений с помощью логических рассуждений.

Также в данной статье говорится, что необходимо использовать информационно- коммуникационные технологии в процессе обучения, для заинтересованности учеников. А также излагается о развитии логического мышления и умении самостоятельно выходить из сложных ситуаций благодаря логике.

Ключевые слова: межпредметная связь, информационно- коммуникационные технологии, логическое мышление, логическая задача, виды логического мышления, особенности логического мышления.

Abstract
Issayev S.A. [1], Rakhmanova S.S. [2]
[1] Cand. Sci. (Phys.-Math), Professor, Kazakh State Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan
[2] Master of education, Kazakh State women's Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF LOGICAL THINKING OF TEENAGERS IN THE PROCESS OF TEACHING COMPUTER SCIENCE AND MATHEMATIC

This article discusses the interdisciplinary communication of computer science and mathematics, the use of information and communication technologies in mathematics lessons, the logical thinking of teenagers in teaching computer science and mathematics, problems of development of rational thinking, and their prevention. The issues of the development of logical thinking among students in grades 5-6 in the lessons of mathematics are discussed, and analysis of the classification of types of thinking depends on the content of the problem, their relationship, and

differences. It is shown that logical thinking occupies a special place in tasks that do not require calculations using logical reasoning.

This article also says that using information and communication technologies in learning is necessary for students' interests. It also describes the development of logical thinking and the ability to get out of difficult situations thanks to logic independently.

Keywords: interdisciplinary communication, information, and communication technologies, logical thinking, logical task, types of logical thinking, features of logical thinking.

Қазіргі таңда білім беруді реформалау кезеңінде, басты міндет - жан-жақты дамыған тұлғаны тәрбиелеу болып табылады. Оқу үрдісінде пәнаралық байланыстардың маңыздылығын дәлелдеудің қажеті жоқ шығар. Олар пәнаралық түсініктер деп аталатын жеке пәндер, топтар мен жүйедегі жеке түсініктердің қалыптасуына, , яғни кез-келген пән бойынша сабақ барысында оқушыларға толығымен түсіндіруге болмайтын нәрселерді қалыптастыруға үлес қосады. Қойылған тапсырмаларды шешуге сабақта пәнаралық байланысты қолдану көмектеседы.

Білім беруді дамытудың жаңа кезеңіне көшу, бір оқытушының информатика сабақтарына пәнаралық байланыстарын енгізуі қарастырылады. Оқу үрдісін, әрбір сабақта әр тапсырма бойынша оқушылар әртүрлі ғылым салаларындағы білімдерін қолданатындай жасау керек.

Интеграция педагогикаға 1980 жылдардың басында енді. Бұл терминді педагогтардың қабылдауы, алдыңғы онжылдықтар бойы білім беруде интегративтік процестердің дамуымен дайындалды. Әсіресе, математика, физика мен информатиканың басқа білім облыстарына енуімен, әрі бұған ғылыми-техникалық прогресс, компьютерлік техника дамуы себепші болды.

Интеграция – бұл бір не басқа облыстағы жалпыланған білімдердің бір оқыту материалында мүмкіндігінше терең өзара енуі және бірігуі. Интеграция нәтижесі – жаңа шындық, онда әр компонент өзіндік сипаттарын сақтайды. Интеграция жою, бағындыру, бірінің ішінде екіншісін жалғастыруды жоққа шығарады. Интеграцияланған сабақтар, оқушыға өзі тұрып жатқан әлем туралы, өзара көмек туралы, материалдық және әдеби мәдениеттің көпқырлық әлемінің бар екендігі туралы кең әрі анық көрсетілімін береді. Айта кетсек, информатика сабағының базалық курсын өту кезінде пәнаралық байланыстарды қолдану оқушылардың танымдық қызығушылығын арттырады. Интеграцияланған сабақтар туындауына қажеттілік, келесі себептердің пайда болуынан туындады:

Біріншіден, балалар қоршаған әлемнің сан алуандығы мен бірлігімен танысады, ал көбіне осы бірліктің жеке құбылыстарын үйренуге бағытталған мектеп циклының пәндері, толық құбылыс туралы көрініс бере алмайды, тек бытыраңқы фрагменттерге бөліп тастайды.

Екіншіден, интеграцияланған сабақтар оқушылардың потенциалдарын дамытып, қоршаған болмысты белсенді танып, себеп-салдар байланыстарын ойлану мен табуға итермелейді. Логика, ойлану, коммуникативтік қабілеттерін дамытады.

Үшіншіден, интеграцияланған сабақтар жүргізу – стандартты емес, қызықты. Сабақ уақытында жұмыстың әр түрлерін қолдану, оқушылардың зейінін жоғары деңгейде ұстап тұруға мүмкіндік береді, сондықтан сабақтардың тиімділігі туралы айтуға болады. Интеграцияланған сабақтар, едәуір педагогикалық мүмкіндіктер береді. Мұндай сабақтар, әрекеттердің әркелкі түрлері арасында алмастырулар есебінен оқушылардың шаршағыштығы мен артық күш жұмысауын болдыртпайды, танымдық қызығушылықты бірден арттырады, оқушыларда елестету, көңіл аудару, ойлау, сөйлеу мен есте сақтауды дамытады.

Төртіншіден, қазіргі қоғамдағы интеграция білім беруде интеграцияны талап етеді. Қазіргі қоғамға жоғары сапалы, жақсы дайындалған мамандар керек. Бұл қажеттілікті қағанаттандыру үшін: білімді, жақсы дайындалған мамандар тағайындауды, бастауыш сыныптардан бастау керек, сол үшін бастауышта пәнаралық байланысты жүзеге асыра отырып, интеграцияға жағдай жасау қажет.

Бесіншіден, өзіндік таным, өзіндік ой білдіру, мұғалімнің шығармашылығы, қабілеттерін ашуға мүмкіндік береді.

Математика мен информатиканың келесідей пәнаралық байланыстары бар деп айтуға болады:

1. Информатика курсында мазмұндық сызықтарды зерттеген кезде математиканың пәндік мазмұнын пайдалануы. Мысалдары:

– Алгоритм ұғымын математикалық есептер мысалдарымен зерттеу (әсіресе, алгоритмдік құрылымдар);

– Математика облысындағы дидактикалық материалдарды қолдана отырып, ақпараттық жүйелерді (мысалы, тексттік немесе бейнередакторлар) зерттеу;

– Математикалық материалдарды қолдана отырып, бағдарламалау тілдерін зерттеу (мысалы, Лого тілі геометриялық обьекттерді құру мен зерттеу үшін «жақсы»).

2. Информатика курсына «дәстүрлі емес» мазмұндық сызықтарды қосу (мысалы, логика элементтері мен жиындар теориясы).

3. Математика курсына информатиканы оқыған кезде керек болатын және математиканың дәстүрлі курсында жоқ немесе толықтай берілмеген ақпараттарды енгізу (есептеу жүйелері; логика алгебрасының заңдары; функциялар/көрсетілімдер қасиеттері, алгоритмдер, моделдер).

4. Математика курсын ақпараттық және коммуникативтік технологиялар көмегімен оқыту.

5. Математика курсында информатика курсында енгізілетін ұғымдарды зерттеу (мысалы, ақпараттық моделдің бір түрі ретінде математикалық).

6. Интеграцияланған курсты жасау (мысалы, «Геометрия мен Лого»).

Мысалы, оқушыларды информатика-математика сабақтарында осындай тақырыптармен қызықтырса болады: «Теңдеулер жүйесінің шешімін Microsoft Excel арқылы графикалық әдіспен көрсету», «Бір айнымалы теңсіздікті шешу», «Теңдеулерді шешу», «Функциялардың графикасы және олардың қасиеттері» және т.б.

Логикалық ойлаудың дамуы жас ерекшелікке байланысты жүзеге асады. Оқушылардың мектеп жасы әдетте үш негізгі кезеңге бөлінеді: кіші (1-4 сыныптар); орта (5-9 сынып); жоғары,жастар (10-11 сыныптар).

Бірінші кезеңде балаларда практикалық ойлау дамыған. Яғни кішкентай бала жоғарыда ойыншықты көріп, сол ойыншыққа ұмтылады, ойыншыққа қолы жетпей әуре болған балаға, үстел немесе таяқ алуы ойына келеді.

Екінші кезеңде көрнекі-фигуративті ойлау басымды болады. Яғни ол проблеманы шешу барысында нақты объектілермен емес, ойлар мен идеяны бейнелеу арқылы шешім қабылдайды.

Үшінші кезеңде, дамудың жоғары сатысы. Яғни балаларда абстрактылы-теориялық ойлау басымды болады.

Қазақстан Республикасының білім беру стандартында білім берудің басты міндеті логикалық ойлауды дамыту болып табылатындығы атап айтылған. Логикалық ойлауды дамыту туралы сөз етпес бұрын логика туралы қысқаша айтып кету керек. Логика (грек тілінен алынған logic- сөз, ой, ойлау, ақыл-ой)-ойлаудың заңдылықтары мен түрлері туралы ғылым. Объективті пікірлерге негізделген процесс логикалық ойлау деп, ал дұрыс ойлаудың формалары мен заңдары туралы ғылым логика деп аталады.Логикалық ойлаудың қисындылығы олардың шындыққа сай келуінде. Логикалық тұжырым теориясының ең алғаш грек философы Аристотель негізін қалаған.

Талдау- бұл оймен бүтінді жіктеу немесе бүтіннен оның қырларын, әрекет не қатынас бірліктерін бөліп алу, қарапайым формадағы талдау әрқандай затты практикалық қажеттілікке орай құрама бөлшектерге ажырату. Мысалы балаларды қандай да бір өсімдіктермен таныстыруда оның құрамын көрсетуден бастаймыз, (тамыры, сабағы, жапырағы). Талдау тәжірибелік және теориялық болып бөлінеді. Егер талдау жоғарыда айтылған ой операцияларына ұштаспаса, онда қате, механикалық сипат алады. Мұндай талдау элементтері жас балаларда көптен кездеседі.

Біріктіру- бұл әрқилы бөлшектер, қасиеттермен әрекет қимылдарды тұтас бірлікке топтастыру. Біріктіру операциясы талдау әдістеріне қарама-қарсы. Бұл қызмет барысында жеке заттар мен құбылыстар күрделі, бүтін құбылысқа қатысы бар бөлшек, элементтер тобы ретінде қарастырылады.

Логикалық ойлаудың ерекшелігі- қорытындылардың қисындылығы олардың шындыққа сай келуінде.

Оқушылардың жеке ойлау қабілетін дамыту үшін олардың өзіндік күш қуаты мен сенімін арттыру керек. Қолынан келетін көп істердің мүмкіндіктеріне бағыт берген абзал. Оқушылардың білімді меңгеру үрдісі негізінен мына компоненттерден тұрады:

1) қабылдау;
2) түсіну;
3) есте сақтау;
4) қорыту және жүйелеу.

Балалардың ойлауын дамыту туралы М. Жұмабаев былай деген: «Ойлауды өркендету жолдары. Ойлау- жанның өте бір қиын, терең ісі. Жас балаға ойлау тым ауыр. Сондықтан тәрбиеші баланың ойлауын өркендеткенде, сақтықпен басқыштап іс істеу керек».

Логикалық жаттығуларды орындау баланың ақыл-ойын, қиялын, ой ұшқырлығын дамытады. Бұл оқушылардың түрлі мазмұнды есептерді шығаруда, есептің шартын құра білуге қалыптастырылады.

Бір есептің бірнеше шешімдерін табуға жетелейді. Әрбір сабақ қызықты есептер мен аяқталып, логикалық есептер оқушылардың жас ерекшелігіне қарай күрделене түсуі қажет.

Қазіргі кезеңдегі мектеп математикасында әлі шешімдер табылмаған проблемалар аз емес. Соның бірі оқушылардың логикалық ойлау қабілеттерін дамыту, кітапқа, оқуға, білім алуға, деген құмарлықтарын арттыру.

Осындай проблемаларды шешу мақсатында бастауыш сыныптан бастап логикалық есептерді шығару керек.

Ұлы ғалым Д.И.Менделеев мұғалімдердің ғылымының сарқылмас көзін ашудағы еңбектерін жоғары бағалаған. «Ғылымда мұғалім ғана оқушыларына терең де мағыналы білім бере алады» деген.

Педагогика ғылымының көрнекті өкілі М.И.Махмұтов «Баланың ойлау қабілетін дамыту үшін алдымен оны өз жұмысының мақсат-міндеттерін анықтауға үйрету керек»- дейді. Егер бала әрбір оқу жұмысын не үшін, қандай мақсатпен жасау керектігін, қандай жаңа нәтиже беретінін білсе, онда оқушы әрекетінің саналылығы артады. Оқу міндеттеріне сай баланы өз бетімен жұмысын жоспарлай білуге, уақытты дұрыс пайдалануға, өз әрекетін қадағалауға, бағалауға қысқаша айтқанда, өзін-өзі басқаруға дағдыландырудың маңызы зор. Баланың ойлау әрекетін ойдағыдай дамыту үшін, тиімді тәсілдер қолданып, арнайы жұмыстар жүргізу қажет. Баланың ақыл-ой қабілетін тәрбиелеу оқу жұмысының басты міндеттерінің бірі. Мұғалім бала ойының қалай болса, солай дамуына жол бермеу үшін мына жайттар ескеріледі: өз ойын дәлелдеп айта білуге үйрету, ой тізбегінің дұрыс логикалық жолмен құрылуын қадағалау, баланың ой жұмысын тәртіпке салып отыру, оның өз бетімен ойлау қабілетін дамыту үшін сабақ үстінде белсенді ақыл-ой жұмысын ұйымдастырып, тапқырлығына жол беріп отыру. Ақыл-ой даму дәрежесі оқушының тиісті фактілердің, құбылыстардың мазмұны мен маңызын дұрыс ұғынып, оларды бұрыннан қалыптасқан негізінде түсіндіре білу, оқу жұмысының әр түрлі жағдайында әр алуан жағдайында өздігінен іздену мен белсенділік көрсете білу мүмкіндігінен байқалады.

«Логикалық ойлау – логикалық сөйлеудің негізі, ал мұны – логикалық сөйлеуді ұстаз дамытуға тиіс», деп көрсетті К.Д.Ушинский. Логикалық ойлаудың ерекшелігі – қорытындылардың қисындылығында, олардың шындыққа сай келуінде. Логикаға түскен құбылыс түсініріледі, себептері мен салдарлары қатесіз анықталады. Ұғымдар арасындағы байланыстар мен қатынастар логикалық ойлау жолымен ашылады. Бұл байланыстар мен қатынастардың дұрыстығын теріске шығаруға болмайтыны пікірлерде көрсетіледі.

Өз зерттеулерінде Швейцар ғалымы Ж. Пиаже оқушы ақыл-ойының (интеллект) қалыптасуына назар аудара отырып, ғылыми психологиядағы оқушы интеллектісінің дамуын байқаудан басталып, сол арқылы ересектердегі интеллект табиғаты мен қызметін білуге болады деп пайымдайды.

Ж. Пиаженің негізгі міндеті адам интеллектісінің құрылымын зерттеу еді. Осы құрылымды қарапайым эволюциялық даму барысында жеткен нәтижесі деп білді, яғни интеллектілік күрделі ақыл-ойдың психикалық элементтерден құралатынын дәлелдемекші болды. Ж. Пиаже тұжырымының ең үлкен қатесі- оқушының біртұтас дамуын ескерместен, ақыл-ойдың өрестеу тұғырын интеллектінің өзінен іздеді, ал саналы дамытушы факторлар арасында ол қоғамдық тарихи әрекет болмасына орын қалдырмады.

Ж. Пиаженің теориялық тұжырымдары жоғары деңгейдегі ойлау қабілеттерінің көзі өткендегі ой мүмкіндіктерінде болатынын дәлелдеді. Ой қабілеті өзінен- өзі кемелденбейтінін, ал даму адам қасиеті екенін, сол адамның адамгершілігін қасиет қатысымен шыңдалған сайын оның санасының жан- жақты дамып, ойлау дәрежесінің көтерілетінін көре алмады. «Оқушының ересек адамдармен тіл табысуы төменнен жоғарыға қарай құрылады»- дейтін. Сондықтан осындай тіл табысу оқушының интеллектуалды және моральды дамуына әсер етеді. Теңқұқылы тілдесу жағдайы шыдамдылықтың, сыншылдықтың, өзгенің көзқарасына тоқтай білу, өз пікірін өзгенің пікірімен салыстыра білу дағдыларының дамуына септігін тигізеді. Ересек адамдарды оқыту барысында топтасып әрекет ету серіктестік қарым-қатынастың пайда болуына әсер тигізеді. Осы жерде өзара пікір алмасу, таластар пайда болады. Біршама мәселелерді шешу барысында осы жайлар жеке әрекет етуден гөрі топтық жұмыс жасау тиімді екендігін байқатады.

К.Н.Волков адам ойының, ойлаудың дамуы нәтижесінде бірқатар құнды ойлар білдірді. Бұл үдерісте оқытудың жетекші роль атқаратынын ерекше көрсете отырып, К.Н.Волков: «Оқыту үдерісі оқушының кешегі өткен даму жасына емес, болашақтағы даму жасына қарай бағыт- бағдар алуы тиіс, оқытуды аяқталған бір даму кезеңі немесе деңгейлі ретінде қарастыруға болмайды. Оқыту ең

алдымен әлі қалыптаспағанға, енді алда оқыту арқылы қалыптаспағанға қарай бағытталатындай түрде жүргізілуі қажет».

Сабақтың басында өткізілетін жаттығулар оқушыларды бірден жұмысқа кірістіретіндей қызықты болуы тиіс. Сабақтың ортасында немесе соңында, оқушылар жазбаша нмеесе практикалық жұмыстан шаршаған кезде, қызықты есептеулер оларды сергітеді, жұмыс қабілетін арттырады.

Қызықты жаттығуларды орынды әрі шеберлікпен пайдалана білу сабақтың нәтижелігі мен сапасын арттырудың да негізгі тәсілдерінің бірі екендігін тәжірибе көрсетіп отыр. Ең алдымен оқушылардың зеректілігін, ойлау қабілетін дамытатындай есептер шығара білуге үйрету керек. Орта буында әзіл есептер мен сұрақтар ауызша есептеулерде зеректілікке, тапқырлыққа баулиды. Оқушыны ұшқыр ойлауға, тез шешім қабылдауға дайындайды.

С.Соловейчик- «мектептегі ыңғайсыздықтан, оқуға мойын ұсынбаудың бәрі көбіне- көп оқушылардың ойлай білмеуінен немесе ойлай білгісі келмегендіктен болып жатады, өйткені ойлау қиынға түседі». Ой еңбегі дене еңбегінен ауырырақ, адам тез шаршайды, нәтижелері дәйім көз алдына келе бермейді. Әр жас, әр сынып үшін қиыншылықтың өз маңызы бар. Бірақ кейбір оқушылар осы шағын салмақты да көтере алмайды, қатты қиналмай жатып-ақ ойлауды ой еңбегімен жұмыс істеуді біртіндеп қояды. Олар мектепке бос барып, бірнәрсеге жауап береді, бірнәрсе істегенсіп жүреді, бірақ ой еңбегіне күш түскен кезде олар тайқып шығады, есепті көшіріп алады, әйтеуір амалын табады. Олар бірте-бірте ойлауды мүлдем қояды, ойланбай оқу мүмкін емес.

Педагогика ғылымының көрнекті өкілі М.И.Махмұтов «Оқушының ойлау қабілетін дамыту үшін ең алдымен оны өз жұмысының мақсат- міндеттерін анықтауға үйрету керек»- дейді. Егер оқушы әрбір оқу жұмысын не үшін, қандай мақсатпен жасау керектігін, қандай жаңа нәтиже беретінін білсе, онда оқушы әрекетінің саналылығы артады. Оқу міндеттеріне сай оқушыны өз бетімен жұмысын жоспарлай білуге, уақытты дұрыс пайдалануға, өз әрекетін қадағалауға, бағалауға қысқаша айтқанда, өзін-өзі басқаруға дағдыландырудың маңызы зор.

Оқушының ойлау әрекетін ойдағыдай дамыту үшін, тиімді тәсілдер қолданып, арнайы жұмыстар жүргізу қажет. Оқушының ақыл-ой қабілетін тәрбиелеу оқу жұмысының басты міндеттерінің бірі. Мұғалім оқушы ойының қалай болса, солай дамуына жол бермеу үшін мына жайттар ескеріледі: өз ойын дәлелдеп айта білуге үйрету, ой тізбегінің дұрыс логикалық жолмен құрылуын қадағалау, оқушының ой жұмысын тәртіпке салып отыру, оның өз бетімен ойлау қабілетін дамыту үшін сабақ үстінде белсенді ақыл-ой жұмысын ұйымдастырып, тапқырлығына жол беріп отыру.

Ақыл-ой даму дәрежесі оқушының тиісті фактілердің, құбылыстардың мазмұны мен маңызын дұрыс ұғынып, оларды бұрыннан қалыптасқан негізінде түсіндіре білу, оқу жұмысының әр түрлі жағдайында әр алуан жағдайында өздігінен іздену мен белсенділік көрсете білу мүмкіндігінен байқалады. Оқушының бүкіл тәрбие жұмысында білім алуда, дағдыларды қалыптастыруда, оқуда ынтасын қалыптастыруда белсенді түрде жүреді. Олай болса, мектеп оқушыларының ақыл-ойын дамыту, оқыту мазмұны мен оқу жұмысын дұрыс жолға қою арқылы жүзеге асырылады.

Оқу материалы оқушылардың ойлау қабілеті жетерліктей жас ерекшеліктерін ескере ұйымдастырылса ғана, оның ойлау қабілетінің дамуына мүмкіндік туады. Сондықтан да мұғалім оқушыларды сабақта талабын шаттандыратындай, ойын оятатындай, белсенділігін саналы ойлана білуін, ой-өрісінің дамуын, олардың іскерлігін дамытатындай болу керек. Оларды қиындықты жеңе білуге, төзімділікке баулу мұғалімнің басты міндеті.

Бала ойын дамытуда логикалық ойындар ерекшеліктерін алуға болады. Балалардың ойлау қабілетін дамытатын, қызығушылықтарын арттыратын жұмыс түрі – логикалық ойындар. Логикалық ойындар баланы тапқырлыққа, логикалық ойлауғабаулып, ойының ұшқырлығына, өздігінен шешім қабылдауға, салыстыруға, дәлелдеуге әсер етеді.

Негізінде баланың логикалық ойлау қабілеті дегеніміз –
қарапайыммататематикалық алғашқы ұғымдарын меңгертуден басталады десекқателеспейміз.Оны жүйелі түрде шыңдау тәрбиешінің басты міндеті. Сондықтан датәрбиеші балаларды үнемі ойланып оқуға бағыттауы тиіс бұған оқу үрдісін жүйеліұйымдастыру, сабақта бала логикасын дамыта алатын мүмкін діктерді молпайдалану арқылы жетуге болады.Логикалық тапсырмаларды үнемі жүргізіпотырсақ, біз балалардың тек пәнге қызығушылығын ғана емес, логикалықойлауында мынадай тәсілдер арқылы да мыта аламыз.

Балалардың логикалық ойлауын дамытудың қажеттілігі туралы әдіскерлер А.Я. Зорин, Ж.Икрамова, т.б ерекше атауға болады. .

Ойымызды қорытындылай келе, баланың логикалық ойлауын дамыту бағытындағы жұмыстар жүйеленді және оны ұйымдастырудың тиімді жолдары, әдіс-тәсілдері айқындалады, ол өз ретінде, балалардың логикалық ой- қабілеттерін қалыптастыру жұмысының жағдайын бір шама арттырды.

Выготский: «Әр баланың өзінің деңгейі болатындай әр балаға берілетін тапсырманың көлемі оның деңгейіне лайықталып беріледі. Әр баланы өзінің даму зонасында жетілдіру керек» деген екен. Ендеше логикалық ойлауды дамыта оқытуды негіздеу үшін логикалық ойлау ұғымын терең түсіну керек.«Ойлау - логиканың заңдылықтарымен формаларына бағынады. Көптеген адамдар логикалық ойлайды, бірақ өздерінің ойлауы логика заңдылықтары мен формалары арқылы болып жатқанын білмейді» дейді В.Кириллова. Өзгеріске, жаңалыққа толы бүгінгі заман мұғалімге сегіз қырлы,бір сырлы ерен қасиет иесі болуды міндеттейді. Ұстаз алдында отырған бірі шапшаң,бірі баяу,енді біреулері төмен қабылдайтын зейіні, қабілеті, қабылдауы, есте сақтауы,ойлауы әр қилы шәкірттердің жүрегіне жол тауып олардың шығармашылық қабілетін дамыту күрделі құрылым екені дауссыз.

Ақыл-ойын дамыту және жалпы мәдени деңгейін көтеру, қазіргі тәрбиеге байланысты қойылып отырған маңызды талаптардың бірі- оқушылардың ойлау, танымдық, шығармашылық қабілеттерін, ақыл ой мәдени еңбегінің деңгейін көтеру. Ақыл-ой тәрбиесінің мазмұнына табиғат, қоғам және адам, қазіргі өндіріс туралы білімдер енеді. Немістің прогресшіл педагогы А.Дистербег «ақиқат емес білім білімсіздіктенде жаман» –деген.

Пайдаланған әдебиеттер тізімі:

1 Абишев К.А. и др. Категории мышления и индивидуальное развитие. -Алма-Ата: Гылым, 1991. 216 с.

2 Абдильдин Ж.М., Абишев К.А. Формирование логического строя мышления в процессе практической деятельности. Алма- Ата, 1981.-212 с.

3 Атутов П.Р. Межпредметные связи в обучении. Казань: Совет мектебе, 1967. - N9.

4 Гончаров В.С. Типы мышления и учебная деятельность. Свердловск, 1988.

5 Коляда Е.П. Научные основы создания развивающего курса информатики для учащихся начальной школы //Актуальные проблемы развития личности учащегося. Саратов, 1995. - С. 203-211.

6 Матюшкин А.М. Проблемные ситуации в мышлении и обучении. М., 1972. - С. 33-34.

7 Пахомова Н.Ю. Проблемный метод на уроках информатики //Информатика и образование. 1994. - N6. - С. 54-65.

УДК 14.35.09
ГРНТИ 378.02:37.016

Г.Б. Камалова[1], Е.А. Киселева[2]

[1] д.п.н., доцент, Казахский национальный университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан
[1] к.п.н., доцент, Казахский национальный университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан

К ВОПРОСУ ПОДГОТОВКИ ПЕДАГОГОВ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛИЗАЦИИ

Аннотация

В статье обоснована необходимость создания в условиях всеобщей глобализации новой, подобной технопарку, формы организации непрерывной профессиональной подготовки педагогов, максимально соответствующей содержательно-предметной организации школьного образования, современным функциям и задачам педагогической деятельности, и вместе с тем, способствующей развитию глобальных интеграционных процессов в образовании и науке.

Описан потенциал образовательного кластера, объединяющего педвузы, школы и, при необходимости, бизнес-структуры, с целью организации единого интегрированного учебного процесса в школах, подготовку будущих учителей в вузе; который бы предоставлял возможность для вовлечения студентов в непрерывную профессионально-педагогическую деятельность, а также для организации сотрудничества и повышения квалификации действующих учителей школ и преподавателей педвузов непосредственно в процессе их профессиональной деятельности. Сегодня благодаря развитию сети Интернет и дистанционных образовательных технологий появляется возможность расширить масштаб подобного образовательного кластера до международного уровня.

Подготовка будущих учителей в условиях международного образовательного кластера позволит им изучить научно-педагогический опыт зарубежных педагогов в реальной практике; приобрести опыт сотрудничества в международной академической среде; развить навыки межкультурной коммуникации и работы в команде, что обеспечит качественно новый уровень педагогического образования и будет способствовать его интеграции в мировое образовательное пространство.

Ключевые слова: глобализация образования, образовательный кластер, студентоцентрированный подход, сетевое обучение, мега-урок.

Аңдатпа

Г.Б. Камалова[1], Е.А. Киселева[2]

ЖАҺАНДАНДЫРУ ЖАҒДАЙЫНДА ПЕДАГОГТАРДЫ ДАЯРЛАНДЫРУ МӘСЕЛЕЛЕРІ

[1] п.ғ.д, доцент, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2] п.ғ.к, доцент, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

Мақалада жаппай жаһандану жағдайында жаңа, технопарк іспеттес мектептегі білім беруді мазмұндық-пәндік тұрғыда ұйымдастыруға, педагогикалық қызметтің қазіргі функциялары мен міндеттеріне барынша сәйкес келетін, сондай-ақ білім беру мен ғылымдағы жаһандық интеграциялық үдерістердің дамуына ықпал ететін педагогтарды үздіксіз кәсіби дайындауды ұйымдастыру формасын құру қажеттілігі негізделген.

Мектептерде бірыңғай кіріктірілген оқу үдерісін, ЖОО-да болашақ мұғалімдерді дайындауды ұйымдастыру мақсатымен педагогикалық ЖОО мен мектептерді, және де қажет болған жағдайда бизнес-құрылымдарды біріктіретін білім беру кластерінің әлеуеті сипатталған. Білім беру кластері студенттерді үздіксіз кәсіби-педагогикалық іс-әрекетке жұмылдыруға, сонымен қатар мектеп мұғалімдері мен ЖОО оқытушыларының тікелей кәсіби қызмет барысында ынтымақтастығын ұйымдастыруға және біліктіліктерін арттыруға мүмкіндік береді. Қазіргі таңда Интернет желісі мен қашықтықтан білім беру технологияларының дамуының арқасында осындай білім беру кластерінің ауқымын халықаралық деңгейге дейін кеңейтуге болады.

Болашақ мұғалімдерді халықаралық білім беру кластері жағдайында дайындау оларға шынайы тәжірибе барысында шетел педагогтарының ғылыми-педагогикалық тәжірибесін зерттеп білуге; халықаралық академиялық ортадағы ынтымақтастық тәжірибесін алуға; мәдениетаралық коммуникация және топпен жұмыс дағдыларын дамытуға мүкіндік береді. Бұл, өз кезегінде, сапалы жаңа педагогикалық білім беру деңгейін қамтамасыз етеді және оның әлемдік білім беру кеңістігіне кірігуіне ықпал етеді.

Түйін сөздер: білім берудің жаһандануы, білім беру кластері, студентке бағдарланған тәсілдеме, желілік оқыту, мега-сабақ.

Abstract

Kamalova G.B.[1], Kisseleva E.A.[2]

TO THE QUESTION OF TEACHERS' PREPARATION IN THE CONDITIONS OF GLOBALIZATION

[1] Dr. Sci. (Pedagogical), Associate Professor, Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan
[2] Cand. Sci. (Pedagogical), Associate Professor, Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

The paper substantiates the necessity of creating a new, similar to technopark, in the context of globalization, an organizational form of continuous professional training of teachers, maximally appropriate to the content-objective organization of school education, modern functions and tasks of pedagogical activity and at the same time, contributing to the development of global integration processes in education and science.

The potential of the educational cluster uniting pedagogical universities, schools, and, if necessary, business structures, is described to organize a single integrated learning process in schools training future teachers at the university, which would provide an opportunity to involve students in continuous professional and pedagogical activities, as well as to organize cooperation and professional development of existing teachers of schools and teachers of pedagogical universities directly in the process of their professional activities. Today, due to the development of the Internet and distance education technologies, expanding the scale of such educational clusters to the international level is possible.

The training of future teachers in the context of the international educational cluster will enable them to study the scientific and pedagogical experiences of foreign teachers in real practice, gain experience of cooperation in the international academic environment, develop skills of intercultural communication and teamwork, which will ensure a qualitatively new level of pedagogical education and will promote its integration into the world educational space.

Keywords: globalization of education, educational cluster, student-centered approach, network training, mega-lesson.

Образование является одной из наиболее важных и наиболее крупнейших, и разветвленных по своим масштабам сфер человеческой деятельности, функционирующих с целью удовлетворения общественных потребностей, и потому живо реагирующих на внутренние и внешние изменения и

процессы. В последние десятилетия в ней под влиянием комплекса предпосылок как внешнего, так и внутрисистемного характера происходят радикальные изменения, направленные на формирование единого мирового образовательного пространства. Сегодня глобализация образования является неизбежным требованием современности наряду с усиливающимися практически во всех сферах человеческой деятельности объективными интеграционными процессами, направленными на эффективное освоение информационных, технологических, экономических и других пространств.

Постоянно возрастающие по объему и все более разносторонние по содержанию межгосударственные экономические связи формируют потребность в универсальных кадрах специалистов. Это приводит к тому, что содержание национальных систем высшего образования стремится к «мировым стандартам», вырабатываемым мировой наукой и техникой, и влечет за собой неизбежность стирания образовательных границ во всем мире и установлению взаимных связей с зарубежными образовательными учреждениями для достижения общезначимых результатов. Сотрудничество разных стран в области образования дает возможность использовать передовой опыт и делиться своими достижениями с мировой аудиторией, позволяет обеспечить соответствие содержания и уровня высшего образования потребностям экономики, политики, социокультурной сферы общества.

Существенным шагом в единении национальных образовательных систем на пути создания общеевропейского образовательного пространства послужила Болонская декларация, которая провозгласила принятие системы общепонятных и легко сопоставимых документов о высшем образовании, важной частью которой является единое приложение к диплому, сокращение нормативных сроков обучения и переход национальных систем образования на двухуровневые программы и квалификации высшего образования; унификацию структуры и организацию докторских программ, отмену сохранившейся в некоторых странах двухуровневой структуры научных степеней; введение новых преимущественно децентрализованных механизмов и процедур обеспечения качества образования; информатизация образования и развитие дистанционных технологий обучения. Единое образовательное пространство должно позволить национальным системам образования европейских стран взять самое лучшее, что есть у партнеров – за счет повышения мобильности студентов, преподавателей, управленческого персонала, укрепления связей и сотрудничества между вузами и т.д., обеспечивая большую их привлекательность на мировом «образовательном рынке».

Казахстанское образование не осталось в стороне от общеевропейских интеграционных процессов. Болонская декларация, высокий уровень развития глобальной сети Интернет и дистанционных образовательных технологий оказали значительное влияние на направление реформ, проводимых в республиканской системе образования, позволили открыть широкие просторы для установления международного сотрудничества, включения в межкультурную коммуникацию в сфере ее высшего и послевузовского образования.

Одной из приоритетных отраслей сферы высшего образования, безусловно, является педагогическое образование, ее функционирование способствует социальной стабильности и развитию общества, подготовке кадров для всех сфер экономики. Сегодня в связи с наблюдающимися глобальными тенденциями в сфере образования, с возрастанием его роли в социально-экономических преобразованиях, интеграцией образования, науки и производства, стремительным развитием техники и технологий традиционные функции и задачи профессиональной деятельности педагога по обучению и воспитанию учащихся дополняются новым содержанием. В современных условиях актуализируются такие функции педагога, как прогнозирование, проектирование, управление, мониторинг, коммуникация в поликультурной среде, а также функции, связанные с инновационной деятельностью, касающиеся преимущественно вопросов использования в учебно-воспитательном процессе стремительно развивающихся педагогических и информационно-коммуникационных технологий.

Новые направления деятельности педагога, новые цели и задачи в совокупности требуют систематического повышения знаний, совершенствования практических умений в предметной области, и особенно в области быстро развивающихся технологий обучения. В одиночку решить все это учителю достаточно сложно. Именно поэтому в последние годы все чаще создаются сетевые сообщества учителей, в которых благодаря положительному опыту педагогов, уже внедривших на практике новые подходы к образовательному процессу и имеющих желание делиться этим опытом, появляется возможность познакомиться с инновационными технологиями обучения. Однако

действуют сетевые сообщества, чаще всего, разрозненно и бессистемно. К тому же подобное сетевое сотрудничество требует от педагога умений ориентироваться в информационной среде, влиться в современный информационный поток, находить и обрабатывать необходимую информацию, владеть навыками коммуникации и др., а к этому готовы не все педагоги. Наряду с этим, сегодня в реальных условиях глобализации общества, информатизации и массовой коммуникации назрела потребность в формировании у будущих специалистов умений работать виртуально, коллективно-распределенно. Однако практика показывает, что электронное обучение и дистанционные образовательные технологии в реалиях традиционных институциональных учебных структур чаще всего не дают ожидаемого эффекта.

Вышесказанным определяются основные векторы содержательно-технологических и структурно-организационных преобразований в педагогическом образовании, направленные преимущественно на поддержание и развитие в структуре многоуровневого образования непрерывной профессиональной педагогической подготовки, максимально соответствующей содержательно-предметной организации школьного образования, современным функциям и задачам педагогической деятельности, и, безусловно, государственно-социальному заказу и рынку труда. Но пока они не нашли должного отражения в структуре многоуровневой профессиональной подготовки будущих педагогов. И в педвузах все еще сохраняется традиционная методическая подготовка, в которой не предусматривается возможность вовлечения студентов в реальную педагогическую практику в рамках предметной и методической подготовки, и которая зачастую ограничивается относительно кратковременной профессиональной практикой в школе. Организация вузовского, да и общего школьного образования сегодня перестала соответствовать современным требованиям.

Одним из возможных вариантов разрешения существующего противоречия между необходимостью практико-ориентированной направленности профессиональной подготовки будущих учителей, непрерывного приобретения ими профессионального опыта, организации сетевого сотрудничества в том числе в области использования в учебно-воспитательном процессе инновационных технологий обучения и реальным состоянием их подготовки, может быть создание новой формы организации непрерывной профессиональной подготовки педагогов, максимально соответствующей современным требованиям, предъявляемым к ним школой, и вместе с тем, способствующей развитию глобальных интеграционных процессов в образовании. Наиболее перспективным в контексте изложенного представляется образовательный кластер, объединяющий педвузы, школы и, по возможности, бизнес-структуры, с целью организации единого интегрированного учебного процесса в школах, подготовку студентов в вузе, который бы предоставлял возможность для вовлечения студентов в непрерывную профессиональную деятельность и для организации сотрудничества и повышения квалификации действующих учителей и преподавателей.

Основными преимуществами образовательных кластеров являются качество, современность, доступность, непрерывность, преемственность и как итог – конкурентоспособность образовательной услуги. На сегодняшний день созданы и успешно функционируют образовательные кластеры в сфере подготовки специалистов технических и инженерных специальностей, для лесной отрасли экономики, министерств инфокоммуникации, транспорта и дорожного хозяйства, сферы медицины и фармацевтики, биотехнологии, автомобилестроения и нефтехимии, аэрокосмических технологий, авиа – и судостроения и др. [1-3]. Все чаще встречаются образовательные кластеры и в системе педагогического образования.

Одной из наиболее перспективных в педагогическом образовании представляется образовательный кластер, объединяющий школы и педвузы в единую образовательную систему на платформе облачных и дистанционных технологий, позволяющую осуществлять интегрированные мега-уроки с одновременным участием школьников и студентов. Предложен он учеными-методистами из Красноярского государственного педагогического университета имени В.П. Астафьева и поддержан коллегами из Казахского национального педагогического университета имени Абая [4]. Подобный кластер обеспечивает принципиально новое научно-образовательное пространство практико-ориентированной профессиональной подготовки будущих учителей и обучения школьников без коренной ломки их сложившихся укладов за счет преимуществ облачных технологий, электронных форм и средств обучения. Он обладает возможностью для объединения потенциала ученых, преподавателей вуза и учителей общеобразовательных учебных заведений для развития педагогической науки, проведения совместных научно-инновационных исследований и

проектов; позволяет обеспечить достижение педагогического резонанса в интегрированном учебном процессе образовательного кластера. В этом состоянии образовательная деятельность целиком захватывает и учащихся, и педагога.

Учителя школ в подобном кластере получают возможность существенно обогатить свою профессиональную деятельность новыми моделями и технологиями обучения. Будущие учителя – студенты педвуза смогут активно участвовать в реальном образовательном процессе, выявлять его проблемы и находить пути их решения. Преподаватели вуза, интегрируя процесс обучения студента в вузе с реальной образовательной практикой, смогут наметить пути совершенствования содержания и структуры учебных дисциплин и педагогических практик в контексте современных требований, предъявляемых школой к учителям. Школьники же в процессе учебного сотрудничества и совместной сетевой деятельности с учителями и сверстниками из других школ в образовательном кластере не просто получат возможность освоения учебного курса, коллективная деятельность в сети будет способствовать формированию у них навыка самостоятельного поиска методов решения практических задач и повысит их мотивацию к учению. Более того, реализация подобной сетевой модели обучения в рамках образовательного кластера позволит обеспечить равные условия обучения школьников независимо от места их проживания, профессионально-ориентированную подготовку будущего учителя в реальной педагогической деятельности, высокий уровень ее качества, отвечающего современным требованиям общества, а учебные заведения – участники кластера, бесспорно, будут иметь конкурентные преимущества на рынке образовательных услуг.

На протяжении ряда лет подобная модель успешно применяется при обучении школьников информатике в международном образовательном кластере, объединяющем Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Красноярский государственный педагогический университет имени В.П. Астафьева и ряд школ городов Алматы (РК), Красноярска и Ачинска (РФ). Сегодня же благодаря развитию сети Интернет и дистанционных образовательных технологий имеется возможность расширить масштаб образовательного кластера с привлечением образовательных учреждений и других государств.

Подготовка будущих учителей в условиях международного образовательного кластера позволит непосредственно познакомиться с образовательными системами других стран; изучить научно-педагогический опыт зарубежных педагогов в реальной практике; приобрести бесценный опыт сотрудничества в международной академической среде; развить навыки межкультурной коммуникации и работы в команде и др., а непосредственная связь педагогических вузов со школами позволит глубоко изучить, поближе познакомиться с реальными педагогическими ситуациями, встречающимися в учебном процессе школы, с современными требованиями, предъявляемыми школой к учителям, изучить возможности эффективного использования облачных и дистанционных образовательных технологий в условиях открытого, сетевого электронного обучения. На основе всего этого педагогические вузы могут выстраивать свою образовательную траекторию: совершенствовать профессиональную подготовку будущих учителей в соответствии с мировым уровнем, разрабатывать новые образовательные программы, пересматривать программу педагогической практики и т.д. Это, безусловно, положительно отразится на качестве профессиональной подготовки учителя.

Эффективная организация подготовки компетентного педагога в условиях кластерной модели обучения возможна при использовании ориентированного на результаты студентоцентрированного подхода, в котором результаты обучения играют основную роль и становятся главным итогом образовательного процесса для студента с точки зрения знания, понимания и способностей, а не на средства и методы обучения, которые используют преподаватели для достижения этих результатов. Реализация данного подхода в обучении предполагает оптимальным такой способ проектирования и организации образовательного процесса, при котором основной акцент делается на организацию различных видов учебно-исследовательской работы в контексте развития у студентов способности самостоятельно решать проблемы в сфере предстоящей профессиональной деятельности. Преподаватель здесь выступает в роли педагога-менеджера, а не транслятора учебной информации; студент – в качестве субъекта деятельности наряду с преподавателем, а его личностное развитие выступает как одна из главных образовательных целей.

Студентоцентрированный подход в обучении предполагает разработку и использование программ и технологий обучения не так, как может и хочет преподаватель и кафедра, а так, как этого требует будущая профессия и возможности студента [5].

Для эффективной организации подготовки компетентного педагога в условиях образовательного кластера вся предметная его подготовка должна осуществляться как целостная профессионально-ориентированная система. Все дисциплины предметной подготовки будущего учителя должны быть скорректированы в соответствии с современным содержанием школьного образования. Связь со школьным курсом должна быть ведущей идеей каждого курса специального цикла образовательной программы подготовки педагога. Конструирование учебного материала вокруг этой ведущей идеи будет способствовать успешности познавательного интереса студентов, облегчая им усвоение и прочное запоминание материала. Этой же цели должна соответствовать система упражнений и задач, содержание и методы решения которых должны иметь школьную направленность. И если преподаватели специальных дисциплин при выборе методов обучения будут отдавать предпочтение тем из них, которые будут использованы студентами в последующей педагогической деятельности, это будет способствовать еще и более успешной их методической подготовке.

Системообразующим курсом в профессиональном становлении будущего педагога является курс методики преподавания. В нем в единую систему интегрируются знания общекультурного, психолого-педагогического и специального циклов и на него преимущественно ложится ответственность за внедрение общих теорий образования, обучения и воспитания в практику работы учителя, в соответствии с требованиями социального заказчика о качественной подготовке учителя. При этом сам курс методики должен быть образцом для других, быть грамотно построенным, функциональным и обладать налаженной методической системой, обеспечивающей внедрение в процесс обучения педагогических, психологических и методических инноваций в их интегративной взаимосвязи. В современных условиях кластерной модели весьма заманчивым видится организация в рамках данного курса единовременных занятий со студентами и школьниками кластера в содружестве преподавателей вуза и учителей. Проектирование и проведение реальных уроков для школьников при участии учителей, преподавателей, ученых и представителей бизнеса будет способствовать повышению мотивации и усилит практико-ориентированный, профессиональный характер подготовки будущего педагога [6].

В новых условиях образовательного кластера следует также обратить внимание на содержание и организацию педагогической практики, являющейся важной составляющей профессиональной подготовки будущего учителя. Подготовка в условиях образовательного кластера позволит будущим учителям непрерывное погружение с первого курса в сферу будущей профессиональной деятельности, где, начиная с роли пассивных наблюдателей и слушателей и заканчивая ролью тьюторов, экспертов и модераторов урока, они могут принимать активное участие как при проектировании и разработке сценариев мега-урока, так и непосредственно в самом образовательном процессе, решать возникающие в учебном процессе педагогические ситуации, принимать решения, оказывать сетевую и консультативно-содержательную поддержку деятельности учащихся, используя Интернет сервисы для коммуникации. Непрерывное погружение в реалии будущей профессионально-педагогической деятельности, изучение, обобщение и накопление передового опыта позволит будущим педагогам быстро адаптироваться к учительской деятельности, ее особенностям и требованиям.

Для успешного осуществления профессионально-педагогической деятельности в образовательном кластере, каждый учитель должен знать и владеть современными педагогическими и информационно-коммуникационными технологиями, должен уметь организовать сетевую работу учащихся, в том числе уметь оперировать сетевыми устройствами и Интернет подключением для обеспечения качественной связи, что является одним из важных условий проведения мега-уроков в образовательном кластере; знать облачные и другие Интернет-сервисы и возможности их использования в учебном процессе для организации и управления совместной деятельностью учащихся; знать технологии дистанционного обучения. Данные вопросы обязательно должны найти отражение в содержании подготовки будущих педагогов к профессиональной деятельности в условиях глобализации образования.

Подготовка будущих учителей в условиях международного образовательного кластера, предоставляющего возможность для вовлечения студентов в непрерывную профессионально-педагогическую деятельность в международной кластерной среде, позволит повысить компетентность будущих педагогов, обеспечит качественно новый уровень педагогического образования и будет способствовать его интеграции в мировое образовательное пространство.

Список использованной литературы

1 Большаков Н.М., Жиделева В.В., Гурьева Л.А., Рауш Е.А. Кластеризация в современном образовании: методология и практика. – СПбГЛТУ, 2016. – 200 с.

2 Сафин Р.С., Корчагин Е.А., Вильданов И.Э., Абитов Р.Н., Гареев Б.М. Строительный научно-образовательный кластер: опыт, особенности, преимущества // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Психолого-педагогические науки. – 2015. – № 1 (25). – С. 176-184.

3 Орынбаева Ж.Р. Инновационная модель в образовательной практике // Техникалық және кәсіптік білім. – 2014. – №1. – 29-31 б.

4 Камалова Г.Б., Аккасынова Ж.К., Макашев К. Мега-урок как инновационная форма организации обучения информатике. // Научно-педагогический журнал «Педагогика и психология». Алматы, 2016, №3(28). – С.106-112

5 Носко И.В. Студентоцентрированное образование как основополагающий принцип болонских реформ в высшей школе // Вектор науки ТГУ. – 2011. – № 1(4). – С. 136–138.

6 Пак Н.И., Сокольская М.А. Единая методическая система предметного обучения школьников и студентов на базе технологической платформы «Мега-класс»//Преподаватель XXI век. МПГУ, 2017. – №1-1. – С.123-134

Статья подготовлена в рамках проекта МОН РК №AP05133502 «Образовательная кластерная платформа «Мега-класс» в подготовке учителя в условиях глобализации образования»

УДК 002:378
ГРНТИ 20.01.45

Г.Б. Камалова[1], М.И. Ревшенова[2]
[1] д.п.н., доцент, Казахский национальный университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан
[2] Магистр пед.наук, преподаватель Таразского государственного педагогического университета, г.Тараз, Казахстан

ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ КОМПЕТЕНТНОСТЬ КАК ОДНА ИЗ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩЕГО УЧИТЕЛЯ ИНФОРМАТИКИ

Аннотация

Реализация компетентностного подхода является одним из приоритетных путей реформирования современного высшего образования. Компетентностный подход к обучению студентов меняет современные образовательные цели. Сегодня приоритеты смещаются в сторону практико-ориентированных специалистов, способных к быстрой адаптации в профессиональной деятельности, умеющих креативно мыслить. Современные условия требуют от выпускника вуза легко ориентироваться в профессиональной среде, уметь свободно и активно мыслить, работать в команде, самостоятельно генерировать, воплощать новые идеи и технологии обучения, быть коммуникабельным, соответствовать этическим нормам и нравственным ценностям. Одним из основных направлений совершенствования подготовки будущего учителя, в том числе учителя информатики является развитие его профессиональной компетентности. В данной статье рассматривается информационно-вычислительная компетентность, которая выступает в качестве одной из компетентностей, характеризующей профессиональные качества учителя информатики.

Ключевые слова: компетентность, информационно-вычислительная компетентность, профессиональная подготовка, учитель, образование

Аңдатпа
Г.Б. Камалова[1], М.И. Ревшенова[2]
[1] п.ғ.д, доцент, Абай атындағы Казақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2] пед.ғыл.магистрі, Тараз Мемлекеттік университетінің оқытушысы, Тараз қ., Қазақстан

АҚПАРАТТЫҚ –ЕСЕПТЕУ ҚҰЗЫРЕТТІЛІК- ИНФОРМАТИКА БОЛАШАҚ МҰҒАЛІМДЕРДІ ДАЯРЛАУ КОМПОНЕНТТЕРІНІҢ БІРІ РЕТІНДЕ

Құзыреттілік тәсілді іске асыру қазіргі заманғы жоғары білім беруді реформалау басым тәсілдерінің бірі болып табылады. Студенттерді оқытудағы құзыретті тәсіл қазіргі заманғы білім беру мақсаттарын өзгертеді. Бүгін, басымдықтары шығармашылық ойлауға қабілетті кәсіби қызметінде тез бейімделуге қабілетті практикалық-бағдарланған сарапшылар, көшу. Қазіргі жағдайда жоғары мектеп түлегі талап этикалық

стандарттар мен моральдық құндылықтардың бар сақтауға, көпшіл болуға, жаңа идеялар мен технологиялар оқытуды енгізу, еркін қабілетті және белсенді ойлау болуы, кәсіби ортада шарлау үшін оңай, командада жұмыс, өзін-өзі қалыптастыру. информатика мұғалімдерінің, соның ішінде болашақ мұғалімдердің, даярлауды жетілдірудің негізгі бағыттарының бірі, оның кәсіби құзыреттілігін дамыту болып табылады. Бұл мақалада информатика мұғалімінің кәсіби қасиеттерін сипаттайтын құзыреттіліктердің бірі болып табылатын ақпараттық-есептеу құзыреттілігі қарастырылады.

Түйінді сөздер: құзыреттілік, ақпараттық-есептеу құзыреттілігі, кәсіптік оқыту, мұғалім, білім беру

Abstract

Kamalova G.B. [1], Revshenova M.I.[2]

INFORMATION-COMPUTING COMPETENCE AS ONE OF THE COMPONENTS OF THE PROFESSIONAL TRAINING OF FUTURE COMPUTER SCIENCE TEACHER

[1] Dr. Sci. (Pedagogical), Associate Professor, Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan
[2] Master's degree in Pedagogical Science Taraz State University, Taraz, Kazakhstan)

Implementing the competence approach is one of the priority ways of reforming modern higher education. A competent approach to teaching students changes modern educational goals. Today, priorities are shifted towards practical-oriented specialists who are capable of rapid adaptation in professional work and are able to think creatively. Modern conditions require the university graduate to navigate a professional environment easily, be able to freely and actively think, work in a team, independently generate and embody new ideas and technologies of training, be sociable, and meet ethical standards and moral values. One of the main directions for improving the preparation of future teachers, including informatics teachers, is the development of their professional competence.

This article deals with information-computed competence, which is one of the competencies characterizing the professional qualities of the computer science teacher.

Keywords: competence, information-computational competence, vocational training, teacher, education

Вхождение в мировое экономическое сообщество потребовало от системы образования кардинальных изменений в целях и результатах профессионального образования. Современные социально-экономические условия развития государства требуют от системы образования и, в частности высшего профессионального педагогического образования, подготовки конкурентоспособного специалиста, обладающего профессиональными компетентностями современного уровня, владеющего «действенными» знаниями, стремящегося к самообразованию, способного адаптироваться к новациям и при необходимости производить их. Указанные требования к современному профессионалу учтены в ныне действующих государственных образовательных стандартах высшего профессионального и послевузовского образования. Методологической основой этих стандартов служит компетентностный подход, который предполагает замену системы обязательного формирования знаний, умений и навыков набором компетенций, которые будут формироваться у учащихся в процессе их деятельности.

В качестве результатов подготовки выпускников вузов провозглашены профессиональные компетентности специалиста. Вопросам структуры и сущности профессиональных компетентностей будущих учителей в настоящее время посвящено большое количество исследований. Однако до сих пор не существует единства в понимании этих категорий, авторы описывают по- разному как профессиональную компетентность в целом, так и составляющих этой компетентности.

В толковом словаре С.И.Ожегова компетентность определяется как характеристика знающего, осведомленного, авторитетного в какой-либо области специалиста, а компетенция как круг вопросов, в которых кто-нибудь хорошо осведомлен.

А.В. Хуторской пишет: «Компетенция включает совокупность взаимосвязанных качеств личности (знаний, умений, навыков, способов деятельности), задаваемых по отношению к определенному кругу предметов и процессов, и необходимых для качественной продуктивной деятельности по отношению к ним; компетентность – владение, обладание человеком соответствующей компетенцией, включающей его личностное отношение к ней и предмету деятельности» [1]. Следовательно, обладать компетентностью значит иметь определенные знания, определенную характеристику, быть осведомленным в чем-либо; обладать компетенцией – значит обладать определенными возможностями в какой-либо сфере.

Понятие профессиональной компетентности учителя информатики раскрывается как система знаний, умений, личностных качеств, формирование и развитие которых позволит решать типичные профессиональные задачи, а также проблемы, которые возникают в реальных ситуациях педагогической деятельности, что предполагает развитие способности учителя к профессиональному

и личностному росту[2]. В условиях глобальной информатизации современного социума и профессиональной сферы в качестве одной из компетентностей, характеризующей профессиональные качества учителя информатики, выступает информационно-вычислительная компетентность.

Информационно-вычислительная компетентность в современных условиях понимается как интегративное личностное качество, сущностью которого является готовность специалиста использовать в профессиональной деятельности знания и умения, приобретённые в процессе формирования информационно-вычислительной деятельности, а именно:

a) знания и умения в области вычислительной математики и информатики (мы выделяем традиционный числовой аспект, чтобы подчеркнуть историческую преемственность данного понятия);

b) опыт решения и обучения решению вычислительных задач по работе с информационными объектами на компьютере, возникающие в предметной области конкретного специалиста в рамках его профессиональной деятельности;

c) осознание социальной значимости этого вида профессиональной деятельности конкретным современным специалистом и его личную ответственность за ее результаты;

d) потребность в постоянном самосовершенствовании в указанном виде профессиональной деятельности.

Структура информационно-вычислительной компетентности учителя информатики представлена в работе [3] совокупностью ключевых, базовых (общепрофессиональных) и специальных компетентностей.

В перечень ключевых компетентностей включены: начальный уровень владения компьютером, включая основными информационными технологиями работы с информационными объектами, умения самостоятельно искать, анализировать и отбирать необходимую информацию, организовывать, преобразовывать, сохранять и передавать информацию. К базовым компетентностям включены:

- компетентность в области использования универсальных алгоритмов обработки информационных объектов с применением средств автоматизации профессиональной деятельности;
- компетентность в области психолого-педагогических основ формирования информационно-вычислительной компетентности.

Специальные компетентности включают в себя:

- компетентность в области использования алгоритмов обработки информационных объектов предметной области педагога с применением средств автоматизации профессиональной деятельности;
- компетентность в области проектирования и разработки вычислительных алгоритмов для обработки информационных объектов предметной области педагога;
- компетентность в области разработки собственных учебных материалов – вычислительных задач и внедрения их в школьный образовательный процесс;
- компетентность в области современных методов психолого-педагогической диагностики в обучении для определения уровня сформированности информационно-вычислительной компетентности учащихся, диагностики продвижения их в формировании информационно-вычислительной компетентности.

В условиях информатизации всех сфер человеческой деятельности, с применением вычислительных машин к решению повседневных и профессиональных задач, информационно-вычислительная компетентность выступает как составная часть профессиональной компетентности учителя информатики. Формирование этой компетентности должно осуществляться в процессе всего обучения в вузе, в результате целенаправленной подготовки по вычислительной информатике. Данное направление, включающее отображение алгоритмов на архитектуру вычислительных систем, прикладное программное обеспечение вычислительных задачи и методологию численного моделирования процессов и явлений, представлено в системе многоуровневой подготовки будущих учителей информатики комплексом различных дисциплин: «Численные методы», «Компьютерные технологии вычислений в математическом моделировании», «Программирование», «Теория алгоритмов», «Практикум по решению задач» и другие.

Список использованной литературы

1 Хуторской А.В. Ключевые компетенции как компонент личностно-ориентированной парадигмы образования//Народное образование. №2.2003.-58-64 с.

2 Камалова Г.Б., Ревшенова М.И. К вопросу развития профессиональной компетентности //Седьмая Международная научно-практическая конференция Инфо-стратегия 2015, с385.

3 Каракозов С.Д., Рыжова Н.Т. Типовые задачи информационно-вычислительной деятельности как основа для формирования информационно-вычислительной компетентности будущих учителей информатики// Сб. научных статей «Ломоносовские чтения на Алтае», ч.2.-Барнаул. –с.139-142

4 Камалова Г.Б., Ревшенова М.И., Булакбаева А.М. Современные технологии как необходимое условие эффективной организации самостоятельной работы будущих учителей информатики при обучении вычислительной информатике// Абай атындағы ҚазҰПУ Хабаршысы. «Физика-математика ғылымдары» сериясы.- Алматы, 2016.-№3(55).-160-165с.

УДК 378.02:37.016
ГРНТИ 14.35.09

А.А. Кәрібай[1], Е.М. Байзакова [2]

[1]Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, «Кәсіптік оқыту» мамандығының 4-курс студенті, Алматы қ., Қазақстан
[2]п.ғ.к., Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университетінің аға оқытушысы, Алматы қ., Қазақстан

«ОҚУШЫЛАРДЫҢ БЕЙІНДІК ОҚУЛАРЫН ҰЙЫМДАСТЫРУ» ПӘНІНЕ ЭЛЕКТРОНДЫ ОҚУЛЫҚ ҚҰРУ

Аңдатпа

Бұл мақалада білім сапасын көтеру және болашақ педагогты даярлауда электронды оқулықтың қызметі қарастырылады. Электронды оқулықты қолданудың тиімділігі мен маңыздылығы туралы сөз етіледі. Қазіргі уақытта болашақ педагог мамандарға кәсіби білім беру мақсаты нәтижелі білім беруге бағытталып отыр. Олай болса жоғары оқу орындарындағы «Оқушылардың бейіндік оқуларын ұйымдастыру» пәнін қазіргі талаптарға сай оқытуда электронды оқулықты пайдалану бүгінгі күн талабынан туындап отырған қажеттілік деп танылады. Электронды оқулық - бұл оқу үдерісінің мақсаттық, мазмұндық, операциялық, нәтижелік сияқты сыңарларын жүйеге келтірудің автоматтандырылған түрі. Студент электронды оқулықпен жұмыс істеуде білім деңгейін көтеріп, жинақтауға себепті – нәтижелік байланысты анықтап анализдеуге, ақпараттарды салыстырып, дифференциялап, қорытындылауға үйренеді.

Түйін сөздер: ақпараттық технология, электронды оқулық,педагогтарды даярлау, бейіндік оқыту, ақпараттандыру, мультимедиа құралдары,білім беру.

Аннотация

А.А. Карибай[1], Е.М. Байзакова[2]

[1]студентка 4 курса специальности «Профессиональное обучение» Казахского национального педагогического университета имени Абая, г.Алматы, Казахстан
[2]к.п.н., старший преподаветель Института Математика, физики и информатики при КазНПУ им Абая, г.Алматы, Казахстан

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНИКА ПО ПРЕДМЕТУ «ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОФИЛЬНОГО ОБУЧЕНИЕ ШКОЛЬНИКОВ»

В этой статье рассмотривается роль электроного учебника в повышения качества образования и в подготовка будущих учителей. Актуальность и эффективность использования электронного учебника. В настоящее время профессионального обучение целенаправлено на успешное образования и обучение будущих учителей. Поэтому использование электронного учебника в высших учебных заведениях в контексте требований дисциплины «Организация профильного обучение школьников » необходимым требованием. Электронный учебник – это автоматизированная форма систематизации образовательного процесса со значимыми, оперативными и эффективными результатами. Студент самостоятельно сможет анализировать причинно-следственные связи в работе электронных учебников, а также обобщать и различать информацию.

Ключевые слова: информационные технологии, электронный учебник, подготовка учителей, профильное обучение, информатизация, мультимедийные инструменты, образование.

Abstract

THE CREATION OF AN ELECTRONIC TEXTBOOK SUBJECT "ORGANIZATION OF PROFILE EDUCATION OF SCHOOLCHILDREN"

Karibay A.A.[1], Bayzakova E.M.[2]

[1] Bachelor's student by specialty «Professional education» at Abai University, Almaty, Kazakhstan

[2]Cand.Sci (Pedagogical), Senior Lecturer, Abai University, Almaty, Kazakhstan

This article considers the role of the electronic textbook in increasing the quality of education and in the preparation of future teachers. Talk about the importance of the actual and effective use of electronic textbooks. For the time being, professional education is targeted to ensure the successful education and training of future teachers. Therefore, electronic textbooks should be used in higher education institutions in the context of discipline requirements, such as the «Organization of profile education of schoolchildren» requirement. An electronic textbook is an automated form of systematization educational process with significant, operational, and effective results. Students independently will be able to analyze cause and effect communication in the work of electronic textbooks, as well as to generalize and discriminate information.

Keywords: information technology, electronic textbook, teacher training, proper training, profile education, informatization, multimedia tools, education.

Өзектілігі

Қазақстандық білім беру жүйесінде қазіргі ақпараттық-инновациялық технологияларды қолдану білім берудің барлық деңгейлерінде оқу сапасын арттыруға, білім мазмұнын нәтижеге бағдарлауға мүмкіндік туғызып, оқыту үдерісін жаңа әдістермен қамтамасыз етеді.

Білім беру үдерісін ақпараттандыру – жаңа ақпараттық технологияны пайдалану арқылы дамыта оқыту, жеке тұлғаны бағыттап оқу мақсаттарын жүзеге асыра отырып, оқу - тәрбие үдерісінің барлық деңгейлерінің тиімділігі мен сапасын жоғарылатуды көздейді [2].

Бүгінгі таңда ақпараттық инновациялық технологияларды тиімді пайдалану білім беру ордаларын компьютерлік техникамен қамтамасыз етіп, электронды оқулықтар арқылы интерактивтік оқыту басымдылық танытып отыр. Мәселен, электронды оқулықтардың дәстүрлі оқулыққа қарағанда мүмкіндіктері зор. Мұнда білім мазмұны оқулықтағы берілген білімдермен шектеліп қалмай, оқытуды неғұрлым терең, әрі жан-жақты ақпараттармен толықтыруға, түзетуге қосып, алуға мүмкіндік туады [3].

Электронды оқулық – бұл оқу пәнінің негізгі ғылыми мазмұны көрсетілетін магнитті тасымалдаушыда (қатты немесе иілгіш дискте) орналасқан оқытушы, бақылаушы, моделдеуші және басқа программалардың жиынтығы.

Электронды оқулықтар төмендігідей негізгі педагогикалық міндеттерді шешуге мүмкіндік береді:

- пәнмен танысу, оның негізгі түсініктері мен құрылымын меңгеру;
- білім мен іскерлікті бағалау және бақылау;
- іс-әрекеттің нақты түрлері бойынша қабілетті дамыту;
- білімді және іскерлікті қайта қалпына келтіру.

Электрондық оқулық пен дәстүрлі оқулықтың салыстырмалы ерекшеліктері Ғалымдардың еңбектерінен электрондық оқу құралдарының құрылымын зерттей отырып, дәстүрлі оқулық пен электрондық оқулық арасындағы мынадай салыстырмалылықты байқауға болады:

Кесте 1. Оқу материалдарының берілуіндегі электрондық оқулық пен дәсүрлі оқулықтың салыстырмалы мүмкіндіктері

Қасиет	**Электрондық оқулық**	**Дәстүрлі оқулық**
Түсініктілік	Барлық ұғымдар толық емес	Толық
Көрнекілік	Жоғары, динамикалық(анимация) модельдер көрсету мүмкіндігі бар	Орташа, статикалық модельдер ғана беріледі
Ақпараттық жүйені	Толықтыру мүмкіндігі бар	Толықтыру мүмкін емес
Ақпарат ауқымы	Көлемі тұрықсыз, шектеусізге қарай бағыт алады	Шектеулі
Сапасы	Ұғымды,құбылысты қысқа, нақты түсіндіреді	Бөлшектеп мағыналы береді

Бұл кестені былай толықтыра қарастыруға болады:

1. Электрондық оқу құралында мәтіндік ақпарат өте ықшамдалып беріледі, себебі экраннан мәтінді ұзақ уақыт оқу көзді шаршатады, білімді қабылдау , меңгеруді әлсіретеді. Қаріптің өлшемі мен түрі, типі маңызды рөл атқарады. Ал, бұл дәстүрлі оқулықта тек қарайтылған немесе асты сызылған түрде және ол ерекше жағдайда немесе қосымша мәтін үшін ғана беріледі. Электрондық құралда жекелеген сөздерді анимациялық ерекшелеуге немесе мәтін бөліктернің фонын айрықшалауға мүмкіндік бар, бұл көрнекілікті күшейтеді, басты нәрсеге назар аудартады.

2. Ауқымды иллюстрациялық материалдарды қамтиды. И.И.Мархельдің сөзімен айтқанда «оқу құралы қарапайым оқулықпен салыстырғанда оқушының ойлау әрекетін белсендіретін, оқытудың практикалық көрнекілігін қамтамасыз ететін иллюстрациялық материалдардың көп мөлшерін талап етеді». Сонымен қатар, иллюстрациялардың дидактикалық мәні өте жоғары. Оқу құралының түрлі-түсті эффектілерімен әрлендіріле түсуі оқушының материалды қабылдауына әсер етеді. Дәстүрлі оқулықта иллюстрация көбінесе ақ-қара түсті беріледі немесе шектеулі түстер палитрасын пайдаланады.

3. Вдиофрагменттерді пайдалану үрдістер мен құбылыстарды динамикалық күйде тасымалдауға мүмкіндік береді. Файл мөлшерінің үлкендігіне қарамастан оларды қолдану оқушылардың оқу материалына қызығушылығын тударады, есту, көру мүшелерінің қатар жұмыстануына әсер етеді және слардың салдарынан білім сапасы жақсарады.

4. Электрондық оқу құралында аудиофрагменттерді қолдану ақпаратты үйреншікті беру тәсілімен ықпалдастыруға мүмкіндік береді, сондай-ақ, мидың есту орталығының жұмысын күшейтеді.

5. Электрондық оқу құралында оқу материалдарының элементтеріне немесе анықтамалықтарға, бақылау програмалықтарына гиперсілтемелер пайдаланылады. Бұл қажетті объектіге көшуді тездетеді.

a. Электрондық оқу құралында мәтіндік, графикалық немесе басқа материалдарды біріктірудің мәні зор. Ақпаратты қабылдау, біріктіру, анализ, есте сақтау шапшаңдығы оқу ақпаратын меңгеру толықтығы оның беттегі (экрандағы) орнынан немесе тізбектілігіне тәуелді. Дәстүрлі оқулықтағыдай емес электронды оқу құралында кез-келген жердегі астарлы бетке көшу арқылы мұндай қиындықтарды шешу мүмкіндігі туады.

b. Электрондық оқу құралында оқуға ұсынылатын әдебиеттер тізімі, дамытушы оқыту программалары, жаттықтырғыш программалар, хрестоматиялық оқу материалдары, әдістемелік нұсқаулықтар бірге қарастырылуы мүмкін [4].

Электронды оқулықтар - ғылыми-педагогикалық құрал. Электронды оқулықтардың жасалуы, модулдік оқудың педагогикалық теориясы болып есептеледі. Оқулықтар мемлекеттік оқу бағдарламасына сәйкес жасалады.

Электронды оқулықтар студенттердің өз бетінше жұмысын және олардың жоғары танымдық белсенділігін арттырады, студенттердің терең тиянақты білім алушылық сапаларын көрсетеді. Сонымен бірге барлық оқу үдерісінің – алға қойған мақсаттарынан бастап қол жеткен нәтижесіне дейінгі аралықты қамтиды. Студенттердің үлкен ақпараттық білім кеңістігіне жол көрсетеді. Ақпараттық білім беру – танымдық ойлау мен ақпараттық өзіндік анықтамалар, білімді автоматты түрде бағалаудың тесттік әдістерін даярлап береді.

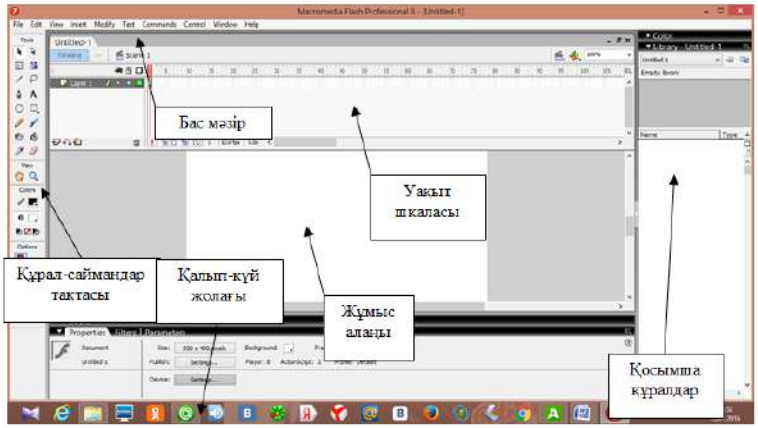
Мақалада қарастырылған мәселені талдай отырып, соның негізі ретінде 5В012000-«Кәсіптік оқыту» мамандықтарының сабақтарында ақпараттық технологияны тиімді пайдалануды көздей отырып *«Оқушылардың бейіндік оқуларын ұйымдастыру» пәні бойынша электронды оқулық* дайындалды.

Бүкіл әлемде бейіндік білім беруді жетілдірудің үздіксіз үдерісі жүріп жатыр. Сапалы және өзекті кәсіптік білім беруге сұраныс мектеп бітірушінің жеке қауіпсіздігінің кепілі болып табылады. Қазақстанда бейіндік оқытуды енгізу бірінші кезекте түрлі қызмет салаларының мамандарын даярлау деңгейіне жоғары талаптарды қоятын өзгеріп жатқан әлеуметтік-экономикалық жағдайлармен жеке ғылыми-техникалық прогреспен байланысты. Бейіндік оқытуға көшу орта жалпы білім беруді білім беру үдерісі деңгейінде ғана емес, сонымен қатар білім беру нәтижелері деңгейінде де дербестеуге (индивидуализация) нақты қадамдардың бірі болып табылады.

Оқушыларға бейіндік білім берудің ерекшелігі ол іс-әрекет бейнелерін құрып, сол немесе басқа мамандықта адамдардың қалай жұмыс жасап жатқандары туралы мәлімет бере отырып, оқылып жатқан пән мазмұнының кәсіптік қызметте және осыған сәйкес сол кәсіптік саладағы маманды

кәсіби даярлау мазмұнында қолдана алу мүмкіндігі жатыр. Сондықтан да «Оқушылардың бейіндік оқуларын ұйымдастыру» пәнін оқытудың маңызы арта түсуде [5].

Бұл электронды оқулықты жасауда Macromedia Flash 8 программасы пайдаланылды.Macromedia Flash 8 – көрнекті интерактивті мультимедиалық көрмелер, web-сайт, түрлі анимациялық құжаттар құруға мүмкіндік беретін бірегей программа. Flash-те құрылған құжаттың кеңейтілуі *. *fla (Flash* құжаты) және *.swf (Small Web-File – кіші web-файл) типті болып келеді. Өз кезегінде Flash-ке растрлық және векторлық кескіндерді (Photoshop, Illustrator, FreeHand құжаттарынан), PDF құжаттарын және дыбыстық құжаттарды да (мысалы, WAV және MP3 форматы) импорттауға болады (Сурет 1).



Сурет 1. Программаның терезе құрылымы

Компьютерлік технологияларды енгізу арқылы оқыту күннен-күнге стандартты түрге қалыптасуда, ал электронды оқулық оқыту жүйесінің әдістерін және құралдарын жаңа түрге келтіреді. Заманауи білім берудің электронды-оқыту жүйесінің статистикасына сүйенсек, қазіргі таңда жоғары сапалы электронды оқулықтардың көбеюі көзге түсуде және оны құрастыру барысында көп жағдайда дәл осы Macromedia Flash технологиясының алатын орны өте үлкен. Себебі, Macromedia Flash бағдарламасы арқылы жасап шығарылған оқыту құралы аз уақытта және түрлі мультимедиалық өнімдерге бай технология түрі [6].

Электронды оқулықтың құрылымы: дәрістер, семинарлар, тест тапсырмалары, силлабус, типтік бағдарлама, глоссарий, бақылау сұрақтары, пайдаланылған әдебиеттер және авторлық ұжымнан тұрады.

Сурет 2. «Оқушылардың бейіндік оқуларын ұйымдастыру» электронды оқулығының мұқабасы және негізгі беті

Сурет 2.1. Дәрістер мен семинар сабақтарының берілуі

«Оқушылардың бейіндік оқуларын ұйымдастыру» электронды оқулығының дәрістері - Жолдасбекова С.А., Камалов Ю.Н., Қонақбаева Ұ.Ж., Оқушылардың бейіндік оқуларын ұйымдастыру. Алматы. 2013 – 201б оқу құралынан алынды.

«Оқушылардың бейіндік оқуларын ұйымдастыру» электронды оқулығы жалпы білім беретін мектептерде оқушылардың бейінді оқуларын қамтиды. Бейіндік оқытуды ұйымдастырудың халықаралық тәжірибелерін талдау, бейіндік оқытуды психологиялық-педагогикалық қолдау, бейіндеудің ұйымдастырушылық-педагогикалық аспектілері мен оқушылардың бейіндік оқуларын ұйымдастырудағы құзіреттілік ұстаным, бейіндік оқыту мазмұны ашып көрсетілген[5].

Электронды оқулық сондай-ақ студенттердің білімін бақылау мен бағалауда да жүйелі қызмет атқарады. **Тестік бақылау** – студенттің жетістіктерін неғұрлым әділ бағалауға мүмкіндік беретін, арнайы жасалған ғылыми, ұтымды процедура[7].

Электронды оқулық студент пен оқытушының кері байланысын жүзеге асыруға, оқу әрекетін бақылауға және білім алушы субъектілердің оқу жетістіктерінің нәтижесін құзіреттілік тұрғысынан тексеруге де мүмкіндік туғызады. Сондықтан да берілген 11 дәріске 11 нұсқа тест құрастырылды.

Сурет 2.2. Тест үлгісі, сұрағы және жауап нұсқалары

Сурет 2.3. Қосымша материалдар тізімі және авторлық ұжым

Қосымша материалдар қатарына: силлабус, типтік бағдарлама, глоссарий, бақылау сұрақтары және пайдаланылған әдебиеттер тізімі кіреді.

Берілген электронды оқулық студенттерге типтік бағдарлама бойынша дәрістерді оқи отырып, семинар сабақтарымен ұштастыруда, сонымен қатар тест тапсырмаларын қолдана алады. Оқу процесінде электронды оқулықты қолдану сабақты қызықты етеді.

Сонымен қатар ұсынылған электронды оқулықты сырттай оқу бөлімінің студенттері, қашықтықтан білім алып жатқан студенттер, бейінді оқыту барысында мұғалімдер оқу құралы ретінде қолдана алады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1 Бейсенбекова Г.Б., Мухаметжанова А.О., Электронды оқулық-болашақ педагогтарды кәсіби даярлау құралы//Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің хабаршысы ғылыми журналы

2 Исаев С.Ә. Электронды оқулықты білім беруде пайдаланудың тиімділігі// ҚазККА хабаршысы №4(83),2014 б-155-159

3 Кеңесбаев С.М., Халықова К.З. Электронды оқуту құралдарын құру негіздері: Оқу құралы.- Алматы: Абай атындағы ҚазҰПУ. «Ұлағат»баспасы , 2013,-160 бет

4 Базаргалиев Ғ.Б ж.б Электронды оқулық мен дәстүрлі оқулықтың салыстырмалы ерекшеліктері /Ғ.Б.Базаргалиев, А.В.Медешова, Б.І. Жангирова// 12 жылдық білім беруде бастауыш сынып оқушыларының жаңа материалды оқып үйренуге дайындау жұмыстарын саралаудың тиімділігі 2006 «Жоғарғы оқу орнындағы оқытудың инновациялық технологиялары мен интерактивтік әдістері» атты республикалық, ғылыми-практикалық конференцияның материалдары,27 наурыз 2006 жыл 8. – Орал ,2006.-198-199б.

5 Жолдасбекова С.А., Камалов Ю.Н., Қонақбаева Ұ.Ж., Оқушылардың бейіндік оқуларын ұйымдастыру. Алматы. 2013 – 201 б

6 Жадаев Г., Борис Г. 100% самоучитель Macromedia Flash MX: Учеб. пособ. – М.: ТЕХНОЛОДЖИ -3000, 2005. -544 с

7 Педагогикалық инфоратика. Білім беруді ақпараттандыру: Оқулық.- Алматы: Абай атындағы ҚазҰПУ,2007.- 274 б

УДК 002.6:37.016
ГРИНТИ 20.01.45

Ж.Б. Копеев[1], А.М. Мубараков[2], Я. Култан[3]

[1]докторант, Л.Н. Гумилев атындағы Евразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан
[2]п.ғ.д., профессор, Л.Н. Гумилев атындағы Евразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан
[3]PhD докторы, Братислава экономика университеті, Братислава қ., Словакия

МЕКТЕП МЕН ЖОҒАРҒЫ ОҚУ ОРНЫНДАҒЫ ИНФОРМАТИКА КУРСЫ БОЙЫНША САБАҚТАСТЫҚ НЕГІЗДЕМЕСІ

Аңдатпа

Сабақтастық әрдайым білім берудің барлық деңгейлерінде болуы тиіс. Үздіксіз білім беру әртүрлі деңгейлері арасындағы өзара байланысты қамтамасыз ететін оқытудың сабақтастығы және оқыту мен тәрбиелеу үдерісінің тиімділігі мен сапасын жоғарылату мәселесін шешудің бірден-бір жолы. Оқу мен тәрбиелеудегі сабақтастық мәселесін зерттеу барысында бірнеше үрдістер пайда болды. Олардың бірі орта мектеппен жоғарғы оқу орнындағы сабақтастық мәселесіне арналған. Үздіксіз білім берудің бірыңғай жүйесін құрудың негізгі шарты - жалпы орта және жоғары білім деңгейі арасындағы сабақтастықты қамтамасыз ету болып табылады. Осы мақалада мектеппен жоғарғы оқу орнындағы информатика пәнінің мазмұның сабақтастығы мәселесі қарастырылады. Автор мектеп оқушылары мен бірінші курс студенттерінің тәуелсіз білім беру қызметі жағдайында информатиканы оқытудағы материалды саралау жолдарын ұсынады.

Түйін сөздер. сабақтастық, үздіксіз білім беру, мектеп, жоғарғы оқу орны

Аннотация

Ж.Б. Копеев[1], А.М. Мубараков[2], Я. Култан[3]
[1]докторант Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан
[2]д.п.н., профессор, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г.Астана, Казахстан
[3]доктор Ph.D, Экономический университет Братиславы, г. Братислава, Словакия

ОБОСНОВАНИЕ ПРЕЕМСТВЕННОСТИ КУРСА ИНФОРМАТИКИ В ШКОЛЕ И ВЫСШЕМ УЧЕБНОМ ЗАВЕДЕНИИ

Преемственность всегда должна быть на всех уровнях образования. Преемственность обучения, обеспечивающая взаимосвязь между различными ступенями непрерывного образования, является одним из подходов к решению задачи повышения эффективности и улучшения качества учебно-воспитательного процесса. Во время изучения вопроса о преемственности образования и воспитания возникло несколько процессов. Один из них посвящен проблеме преемственности в школе и высшем учебном заведении. Главное условие создания целостной системы непрерывного образования – обеспечение преемственности между уровнями общего среднего и высшего образования. В данной статье решается проблема преемственности содержания информатики в школе и высшем учебном заведение. Автор предлагает пути осуществления дифференциации материала при обучении информатике в условиях самостоятельной учебной деятельности старшеклассников школы и первокурсников высшее учебного заведения.

Ключевые слова: преемственность, непрерывное образование, школа, высшее учебное заведения

Abstract

SUBSTANTIATION OF CONTINUITY OF INFORMATICS COURSE IN SCHOOL AND HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTION

Kopeyev Zh.B.[1], Mubarakov A.M.[2], J. Kultan[3]
[1]doctoral student of the L.N. Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
[2]Dr. Sci. (Pedagogical), Professor, L.N. Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
[3]PhD, University of Economics in Bratislava, Bratislava, Slovakia

The continuity of training ensures the interrelationship between the various levels of continuing education. It is one of the approaches to solving the problem of increasing efficiency and improving the quality of the teaching and upbringing process. Several processes were used to study the continuity of education and upbringing. One is devoted to the problem of continuity in school and higher education. The primary condition for creating an integrated system of continuous education is to ensure continuity between the levels of general secondary and higher education. This article solves the problem of the continuity of computer science content in schools and universities. The author suggests ways to implement the differentiation of the material in teaching computer science in conditions of independent educational activity of high school students and first-year university students.

Keywords: continuity, continuous education, school, higher education institution

2018 жылғы 10 қаңтар күні Қазақстан Республикасының Президенті Н.Назарбаевтың Қазақстан халқына жолдауындағы кейбір **дамудың жаңа мүмкіндіктерін** атап өтейік:

- барлық жастағы азаматтарды қамтитын білім беру ісінде өзіміздің озық жүйемізді құруды жеделдету қажет;
- білім беру бағдарламаларының негізгі басымдығы өзгерістерге үнемі бейім болу және жаңа білімді меңгеру қабілетін дамыту болуға тиіс;
- орта білім беру саласында жаңартылған мазмұнға көшу басталды, ол 2021 жылы аяқталатын болады. Бұл – мүлде жаңа бағдарламалар, оқулықтар, стандарттар және кадрлар;
- білім берудің барлық деңгейінде математика және жаратылыстану ғылымдарын оқыту сапасын күшейту керектігін, бұл – жастарды жаңа технологиялық қалыпқа дайындаудың маңызды шарты;
- оқытудың мазмұндылығы заманауи техникалық тұрғыдан қолдау көрсету арқылы үйлесімді түрде толықтырылуға тиіс;
- жоғары білім беру ісінде жасанды интеллектпен және «үлкен деректермен» жұмыс істеу үшін ақпараттық технологиялар бойынша білім алған түлектер санын көбейту керек;
- білім беру саласына өзінің инвестициялық жобалары мен экспорттық әлеуеті бар экономиканың жеке саласы ретінде қарайтын кез келді.
- жоғары оқу орындарына білім беру бағдарламаларын жасауға көбірек құқық беріп, олардың академиялық еркіндігін заңнамалық тұрғыдан бекіту керек;
- оқытушылардың қайта даярлықтан өтуіне күш салып, жоғары оқу орындарына шетелдік менеджерлерді тартып, әлемдік университеттердің кампустарын ашу қажет;
- ұлттың әлеуетін арттыру үшін мәдениетіміз бен идеологиямызды одан әрі дамытуымыз керек.

«Рухани жаңғырудың» мән-маңызы да нақ осында. Жаңартылған мазмұн дегеніміз – халықаралық стандарттарға сай келетін заманауи оқу бағдарламалары. Бұлар біздің балаларымызға қажетті функционалдық сауаттылық пен сыни тұрғыдан ойлау қабілетін дарытады [1].

Президенттің жыл сайынғы халыққа Жолдауы – еліміз үшін маңызды саяси оқиғалардың бірі. Соңғы Жолдаудың ерекшелігі сонда, ол бізге жаңа әлем – Төртінші өндірістік төңкеріс әлеміне бейімделуіміз үшін қандай шараларды жүзеге асыруымыз қажеттігін айқындап берді.

Қазіргі уақытта мектепте және жоғарғы оқу орнында оқыту мазмұнын сабақтастығына көп көңіл бөлінуде. Жоғарғы оқу орнында пәндерді оқыту кезінде мектептегі білім, білік және дағдыға сүйену керек [2].

Жоғары оқу орынына оқуға түсіп жатқан талапкерлер информатика курсының ұғымдарын оқу барысында үлкен қиындықтарға кездесіп, нашар меңгеретіндігін жасыруға болмайды. Мұндай келеңсіз құбылыстардың себептерінің бірі төмендегідей демекпіз:

- информатиканы оқытуға бөлінетін сағаттардың аздығы;
- бірінші курс студенттері орта білім қайда алғандығы (жалпы білім беретін мектеп, лицей, гимназия);
- бітірген оқу орнының оқу-материалдық базасы қандай;
- информатика пәнінің мұғалімінің біліктілігі;
- мектеп және жоғары оқу орындарында қолданылатын әдістер мен тәсілдердің алшақтығы;
- бірінші курс студенттеріне информатиканы оқытуда пайдаланылатын оқыту жүйесінің толығымен әлі шешілмегендігі (кешегі оқушының дайындығы және даму деңгейі ескерілмейді);
- орта мектептің информатика мұғалімдері жоғары мектептің оқыту ерекшелігін жетік білмеуі;
- жоғары мектеп оқытушылары бірінші курс студенттерінің орта мектеп қабырғасында меңгерген білім, білік және дағды іскерліктеріне сүйенбеуі.

Бұл мәселені тиімді шешу үшін информатика курсының тақырыптарын оқыту барысында оның өткен тақырыптармен логикалық, оқу - әдістемелік байланыстарын жетілдіріп, тақырып сабақтастығын сақтап отыру керек.

«Сабақтастық дегеніміз пәнді оқытудың әртүрлі сатысында білім алушылардың білімдерінің арасында қажетті байланыстар мен қатынастар орнату болып табылады. Сабақтастық орнататын байланыс білім алушының жаңа білімдері бұрын игерген білімі, икемдігі мен машықтарының кейбір элементтерін сақтай отырып, олардан бас тарту. Бұл тұрғыда сабақтастық – диалектиканың бекерге шығаруды бекерге шығару мен сандық өзгерістерден сапалық өзгерістерге көшу заңдарының көріністерінің бірі» [3].

Бұл қалыптасқан жағдайды қазіргі кезде біртұтас жүйенің жоқтығы мен білім берудің әр түрлі деңгейіндегі мақсаттардың сәйкес келмеуімен сипаттауға болады.

Оқытудың мақсаттары мен міндеттерін белгілеудің бірыңғай тұжырымдамалық тәсілінің және мектеп деңгейіндегі информатика бойынша білім беру мазмұнын таңдауының жоқтығы тыңдаушыларды даярлау деңгейіне теріс әсер етеді, ал кейде жоғары оқу орындарындағы материалдарды қайта қайталауға тура келеді. Оған қажетті кейбір бағдарламалық қамтамасыз етудің жоқтығы, пәнді оқу үшін аз сағат бөлінетіндігі, кейбір мектептерде информатика мұғалімдерінің болмауы де себеп. Мектеппен жоғарғы оқу орны арасындағы сабақтастығының тағы бір негізгі мәселесінің бірі «Ақпараттық коммуникациялық технологиялар» пәні бойынша бірінші курс студенттерін дайындық деңгейінің әр түрлі болатындығында болып тұрғаны айқын. Оған қоса жоғарғы оқу орнында оған қойылатын жоғары талаптар және мектептегі бақылау мен жоғарғы оқу орнындағы өзін-өзі бақылаудың арасындағы сәйкес келмейтіндігі де себеп болып отыр.

Біздің жүргізген тест бойынша жоғарғы оқу орнына келген көптеген студенттер информатика саласы бойынша білім деңгейлері жеткіліксіз екені көрсетті, сондықтан олар жоғарғы оқу орынында «Ақпараттық коммуникациялық технологиялар» курсын жақсы игере алмайды [4]. Бірінші курс студенттерінің үлгерімінің нашар болуының тағы бір себебі, мысалы «Ақпараттық коммуникациялық технологиялар» пәні барлық мамандықтар үшін көбінесе I семестрді жүргізіледі. Курста 15 дәріс, 30 тәжірибе және 90 өздік жұмыс бар. Жоғарғы оқу орындары модульдік-рейтингтік жүйемен жұмыс жасайды, мұнда студенттер әр модуль үшін балл жинау керек. Яғни студент 15 аптаның ішінде 30 тәжірибелік жұмыс тапсыру қажет, сонымен қатар ол жаңа жағдайларға әлі бейімделмеген, оған қоса білімнің жаңа бағалау жүйесіне де бейімделмегені мәселе тудырады [5]. Бірінші курс студенттері оқу үрдісін қалай жоспарлау керектігін білмейді, жоғарғы оқу орнында материалдардың көпшілігін өз бетімен зерттеп оқу керектігін түсінбейді. Осы себептер үшін студенттер көбінесе семестр соңында

төмен бағаланады.

Информатика курстарының өзіндік ерекшеліктері бар екендігі белгілі. Мектеп информатикасы жоғары оқу орындары курсының жалпы пәндік бөлігіне енеді. Студент жоғары оқу орындарында жаңа білім қабылдайды, мектептегі білімді толықтырады.

Сондықтан, жоғары оқу орнының «Ақпараттық коммуникациялық технологиялар» курсының мазмұны мен мектеп информатикасының табиғи жалғасы болуы керек.

«Ақпараттық коммуникациялық технологиялары» курсын студенттерге оқыту барысында орта мектепте меңгерген информатика білімдеріне сүйенген дұрыс болады. Осыған орай, информатика пәндерін оқыту кезінде мектеп оқулықтарын пайдаланған тиімді.

Мектептегі информатика пәнін оқыту кезінде төмендегідей бөлімдер қарастырылады:

- Ақпарат и ақпараттық үдерістер;
- Компьютер;
- Алгоритмдеу және бағдарламалау;
- Ақпараттық модельдеу;
- Ақпараттық коммуникациялық технологиялар;
- Телекоммуникация [6].

Мектептегі информатика пәнімен жоғары оқу орнындағы «Ақпараттық коммуникациялық технологиялары» курсындағы білім беру мазмұны арасындағы байланыстар 1-суретте ұсынылған схемалар көмегімен көрініс табуы мүмкін. Бұл схема орта мектептің 9-11 сыныптарда оқылатын информатика курсы мен жоғарғы оқу орнындағы 1 курс студенттеріне барлық мамандықтарына оқытылатын «Ақпараттық коммуникациялық технологиялары» курсына арасындағы байланысты көрсетеді.

Сурет 1. Жалпы білім беретін мектептегі информатика мен жоғарғы оқу орнындағы білім берудің мазмұнының сабақтастық байланысы

1-суреттегі үзік сызық – ЖОО математика бөлімдерін оқытуға қажетті, толық сызық – ЖОО-да жалғасын табатын мектептік информатика бөлімдерінің байланысын көрсетеді.

Орта мектеп жоғары оқу орындарында информатиканы оқытудағы сабақтастықты жүзеге асыру бойынша келесідегідей жұмыс түрлерін жүргізу қажет деп есептейміз:

– жоғары оқу орындары мен орта мектептер белсенді түрде қарым-қатынас жасау (мектепте информатикадан арнайы курс бағдарламаларын құрастыру және оны жүргізу, пікірлер беру, кеңестер беру, қашықтан оқыту, семинарлар және т.б.);

– жоғары оқу орындары мен мұғалімдердің біліктілігін арттыру институтымен қарым-қатынас жасау (мұғалімдерге дәрістер оқу, семинарлар ұйымдастыру және т.б.),

– жоғары мектепте «Ақпараттық коммуникациялық технологиялары» оқыту кезінде мектепте берілген негізгі ұғымдарды қайталап оқытпай, орта мектептік білімге сенімділікпен қарау;

– информатика пәндерін оқыту кезінде мектеп курсы бойынша сәйкес мәселелерге үнемі талдау жасап отыру керек; логикалық, әдістемелік байланыстарды ашып көрсету; белгілі фактілер мен ұғымдарды студенттердің есіне қайтадан жаңғыртуға байланысты біртекті ұғымдарды, ережелер мен анықтамаларды салыстыра, олардың жалпы және ортақ жақтарын, айырмашылықтарын тағайындау;

– үлгерімі нашар студенттердің тақырыптың қажетті мөлшерін игеруін қамтамасыз ету үшін, оқытушы жаңа білімді бұрын игерген мектептік білімі, икемдігі мен машықтарының кейбір элементтерін сақтай отырып, олардан бас тарту арқылы және әрбір тақырыпты саралап, деңгейге бөліп, студенттердің оларды біртіндеп орындауын қатаң қадағалау;

– информатика пәндерінің теориялық және практикалық компоненттерін қарастыру кезінде мектептің информатика курсы бойынша алынған мысалдарды қарастыру;

– мектептің информатика курстарынан алынған есептерді студенттердің өзіндік және бақылау жұмыстарына енгізу және керісінше жасау;

– жоғары сынып оқушыларын жоғары оқу орындарының оқыту әдістерімен және тәсілдеріне толығымен даярлау, яғни оқытудың дәрістік-семинарлық түрлерін қолдану;

– мектептің информатика курстарында қолданыс тауып жатқан, оқулықтар мен бағдарламалардың ерекшеліктеріне көбірек назар аудару.

Жоғарыда аталған жұмыстарды тиімді ұйымдастыру, оқушылар мен студенттердің информатикадан алатын білімдерін, олардың ғылыми және жалпы білімділік мәдениетін көтерудің нақты құралы екендігі туралы терең түсініктің пайда болуын қамтамасыз етеді.

Сонымен, сабақтастықты іске асыру барысында:

- информатика курсының тақырыптары арасында байланыс тұрақтылық сипат алады;

- ұғымның немесе тақырыптың елеулі бөлімдерін айырып алуға және олардың жеке бөлімдері мен оны оқып үйренудің арасындағы тиісті байланыстарды орнатуға көмектеседі;

- студенттер үнемі мектеп курсынан белгілі тақырыптарды қайталап отыруына, ұмытқан жағдайда еске түсіруіне жағдай туады;

- кешегі оқушыға, бүгінгі студентке информатика курсының материалдарын меңгеру барысында қосымша қиындық тумайды, керісінше, жаңа материалды игеру жеңілденеді, жаңа тақырыпты толық түсінуге ынта-жігерін арттырады, оны есте сақтауына мүмкіндік жасалады;

- өткен тақырыптарды жаңамен байланыстыру нәтижесінде оқытушының да, студенттің де шығармашылық белсенділігі, білім сапасы артады;

- жоғары сынып оқушылары информатикадан жоғары оқу орындарының оқу материалы мен оқыту әдістерін меңгереді.

Сабақтастықты дұрыс түсіну оқу үдерісі мен оның жеке деңгейлерін ұйымдастыру кезінде қомақты пайда келтіреді, ал оны орынды қолдану әдістемелік зерттеулерде ауқымды нәтижелер бермек.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1 Қазақстан Республикасының Президенті Н. Назарбаевтың Қазақстан халқына Жолдауы. 2018 жылғы 10 қаңтар. Төртінші өнеркәсіптік революция жағдайындағы дамудың жаңа мүмкіндіктері. http://www.akorda.kz/kz/addresses/addresses_of_ /kazakstan- respublikasynyn-prezidenti-n-nazarbaevtyn-kazakstan-halkyna-zholdauy-2018-zhylgy-10-kantar

2 Декина А.П. Методические подходы к обеспечению преемственности в информационной подготовке студентов педагогических вузов: На примере общеобразовательного курса информатики: автореферат дис. кандидата педагогических наук: 13.00.02 / Ин-т информатизации образования Рос. акад. образования. - Москва, 2004. - 20 с.

3 Мұбараков А.М. Математиканы оқытудағы сабақтастық. – Павлодар, 1999. - 230 б.

4 Копеев Ж.Б. Білім беру деңгейлері арасындағы сабақтастықты жүзеге асыру жолдары. «Жастар, ғылым және инновациялар» тақырыбы бойынша студенттер, магистранттар, аспиранттар, докоранттар мен жас ғалымдардың XIV Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының жинағы. - Актобе, 2018.

5 Типовая учебная программа по циклу общеобразовательных дисциплин «Информационно-коммуникационные технологии» (всех специальностей и направлений подготовки бакалавриата). Алматы, 2016

6 2016-2017 оқу жылында Қазақстан Республикасының жалпы орта білім беретін ұйымдарында оқу процесін ұйымдастырудың ерекшеліктері туралы. Әдістемелік нұсқау хат. – Астана: Ы. Алтынсарин атындағы Ұлттық білім академиясы, 2016. – 257 б.

УДК 002.6:004.65; 002.6:004.62/.63
ГРНТИ 20.23.17

G.T. Koshtayeva[1], R.A.Sambetova[2], M.T.Bayzhanova[3]

BIG DATA: MODERN APPROACHES TO STORAGE AND PROCESSING

[1,2,3] Student of Master Programme, M.Auezov South Kazakh State University, Shymkent, Kazakhstan

Abstract

Extensive data sets new challenges for traditional storage and processing systems. This work considered problems that put extensive data before the relational DBMS. Having analyzed possible ways of solving these problems, we pointed to those conceptual limitations that do not allow the classical relational architecture to cope with the rapidly increasing volume of information. Next, three approaches to working with extensive data were considered: NoSQL, MapReduce, and real-time event flow processing. We paid attention to those architectural features, allowing each of us to solve the task effectively. It is important to note that none of the presented approaches offer solutions to all possible problems in the context of extensive data. Each of them effectively solves its task class, allowing the user to choose the most suitable tool for him.

Key words: large data; relational model; nosql; mapreduce; hadoop; s4; storm

Аңдатпа

Г.Т. Коштаева[1], Р.А. Самбекова[2], М.Т. Байжанова[3]
[1,2,3] М. Ауезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университетінің магистранты, Шымкент қ., Қазақстан

ҮЛКЕН БЕРІЛГЕНДЕР: САҚТАУ ЖӘНЕ ӨҢДЕУДІҢ ЗАМАНАУИ ҮРДІСТЕРІ

Үлкен деректер дәстүрлі сақтау және өңдеу жүйелерінің алдына жаңа қиындықтарды анықтауды жоспарлайды. Бұл жұмыста реляциялық ДББЖ алдында үлкен деректерді орналастыру мәселесі қарастырылды. Осы проблемаларды шешудің ықтимал жолдарын талдап, біз классикалық реляциялық архитектураның ақпараттың қарқынды өсуімен күресуге мүмкіндік бермейтін тұжырымдамалық шектеулерді атап көрсеттік. Бұдан кейін ірі деректермен жұмыс істеудің үш тәсілі қарастырылды: NoSQL, MapReduce және нақты уақыттағы оқиғаларды өңдеу. Біз олардың әрқайсысына тапсырманы тиімді шешуге мүмкіндік беретін архитектуралық ерекшеліктерге назар аудардық. Ұсынылған тәсілдердің ешқайсысы үлкен деректер контексінде туындаған барлық ықтимал проблемаларды шешуге мүмкіндік беретінін атап өту маңызды. Олардың әрқайсысы өз міндеттерін тиімді түрде шешеді, ол пайдаланушыға ең қолайлы құралды таңдауға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: үлкен деректер; реляциялық модель; nosql; картаға түсіру; hadoop; s4; дауыл.

Аннотация

Г.Т. Коштаева[1], Р.А. Самбекова[2], М.Т. Байжанова[3]
[1,2,3] магистрант Южно-Казахстанского государственного университета им. М.Ауезова, г. Шымкент, Казахстан

БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ: СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ СОХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ

Большие данные ставят новые задачи перед традиционными системами хранения и обработки. В этой работе были рассмотрены проблемы, которые поставили перед реляционными СУБД большие данные. Проанализировав возможные пути решения этих проблем, мы указали на те концептуальные ограничения, которые не позволяют классической реляционной архитектуре справляться со стремительно возрастающим объемом информации. Далее были рассмотрены три подхода к работе с большими данными: NoSQL, MapReduce и обработка потоков событий в реальном времени. Мы обратили внимание на те архитектурные особенности, которые позволяют каждому из них эффективно решать поставленную задачу. Важно отметить, что ни один из представленных подходов не предлагает решения всех возможных задач, которые возникли в

контексте больших данных. Каждый из них эффективно решает свой класс задач, позволяя пользователю выбрать наиболее подходящий для него инструмент.

Ключевые слова: большие данные; реляционная модель; NoSQL; уменьшение карты; Hadoop; s4; буря

As the degree of embedding of information technology tools in various directions of modern society increases, the requirements for their adaptability to solve new problems that involve huge amounts of data also increase. There are volumes of information that can not be processed by traditional methods, including structured data, media data, and random objects. And if the analysis of the first existing technologies today is less able to cope, then the analysis of the second and third practically remains excessive work. Studies show that the volume of media data, such as video surveillance, aerial photography, digital medical information, and random objects stored in numerous archives and clouds, is increasing yearly. According to the McKinsey Institute report: "Big Data is a set of data beyond the capabilities of typical databases of software tools for data capture, storage, management and analysis" [1]. In essence, large data means working with information of a huge volume and diverse composition, constantly updated and located in different sources to increase work efficiency, create new products, and improve competitiveness. Consulting company Forrester gives a brief and fairly clear statement: "Large data combines techniques and technologies that extract meaning from data at the extreme limit of practicality" [3]. By 2020, the accumulated amount of information on the planet is expected to be doubled every two years. The abundance of data causes a desire to use them for analysis and forecasting. Colossal volumes require appropriate technology. Today, companies need to process a huge amount of data in volumes that are difficult to imagine, which leads to the fact that traditional databases can not cope with such a task, leading to the need to implement Big Data technologies. The table compares the characteristics of Large data and traditional databases.

The edges of the teeth are very numerous. But what is so many "multi"? Here is a rage: preformed, will the big ones become "big"? Frequently used specifications, Gartner researcher Gartner says: "Big Data Generators are characterized by a wide variety of features, structure and structure, and structured and non-structured data files are processed and processed in the processor, with the process of converting data files into business information.

As is apparent from the definition, there are four major facts in the basic characteristics: objem, разнообразие, скорость и ценность. I look at my details:

1. Total The downside is how many people are trapped, and with the machines they offer, the IT infrastructure needs new storage, retrieval, and access to information.

2. Differentiation. It contains diverse information represented by different structures. All this, thanks to the logging of the web server to the credit card, to the results of the research experiments to the photography and video, to work as well as to work.

3. Speed up. It is important to emphasize that the fastest sense is not only the fastest but also the number of items that can be added to the store, with the help of which the essential information is extracted from the data.

4. Prudence. Biggest items of data - this is a priceless resource. But no more than ten years, if it allows you to recall questions or questions, they may be mired in the future.

1. Approaches to working with large data

The tools that existed until recently were not able to cope with large volumes. The following sections will discuss the problems that have come with the era of large data, how to overcome them, and new tools.

1.1. Relational DBMS

Until now, almost the only answer to the question "how to store and process data?" It was some relational DBMS. However, with the increase in volume, there were problems that classical relational architecture could not cope with, so engineers had to come up with new solutions. Let's try to present the steps that can be taken if the DBMS stops coping with the volume of operations:

1. The natural first step is to try the least expensive methods. The easiest way, in the presence of finance, is to do nothing but buy more powerful equipment (vertical scaling). However, an infinitely powerful server does not exist, meaning vertical growth is finite.

2. A more expensive method is to optimize queries by analyzing their execution plans and creating additional indexes. Such a method can bring temporary relief, but additional indices generate additional operations, and as the volumes of data processed increase, these additional operations lead to degradation.

3. The next step is to implement the read cache. With the correct organization of such a solution, we can rid the DBMS of a significant part of the read operations but sacrifice strict data consistency. In addition, this approach leads to more complicated client software.

4. The alignment of insert/update operations in the queue is a good solution, but the queue size is limited. In addition, to ensure strict consistency, we will have to organize the queue's persistence, which is not an easy task.

5. Finally, when all other methods cease to work, revising how the data are organized is time. First, it is necessary to denormalize the circuit to reduce the number of non-local hits.

6. Well, when it does not work, it only remains to scale horizontally, i.e., distribute the calculations to different nodes. Here, it is necessary to say goodbye to normalization and foreign keys; besides, it is necessary to answer the question, "By what criteria do we distribute new tuples by nodes?" And "How do we migrate the existing scheme?" [3].

Summing up, we can conclude that attempts to adapt a relational DBMS to work with large data lead to the following:

1. Failure from strict consistency.

2. Avoid normalization and introduce redundancy.

3. The loss of expressiveness of the SQL language and the need to model some of its functions programmatically.

4. Significant complication of the client software.

5. The complexity of maintaining the operability and fault tolerance of the resulting solution.

However, it is necessary to note that manufacturers of relational DBMS are aware of all these problems and have already begun to offer scalable cluster solutions. However, the cost of implementing and maintaining such solutions often does not pay off.

1.2. NoSQL

Looking at the conclusions from the previous section, a fairly obvious idea immediately arises—why not design an architecture that can adapt to the increasing amounts of data and efficiently process them? Similar thoughts led to the emergence of the NoSQL movement.

Just want to draw attention to the fact that NoSQL does not mean a thoughtless rejection of all the principles of the relational model. Moreover, the term "NoSQL" was first used in 1998 to describe a relational database that did not use SQL [3]. It's just theorists and practitioners of this approach rightly argue that when choosing a tool, you need to build on the task, and relational DBMSs are not always appropriate, especially in the era of large data. The popularity of NoSQL began to gain in 2009 due to the emergence of many web startups, for which the most important task is to maintain a constant high storage capacity with an unlimited increase in the amount of data. Consider the main features of the NoSQL approach [2]:

1. Avoid unnecessary complications. Relational databases perform many different functions and ensure strict data consistency. However, for many applications, such functions and the satisfaction of ACID requirements are superfluous.

2. High throughput. Many NoSQL solutions provide much higher data throughput than traditional DBMS. For example, the Hypertable column store, which implements the Google Bigtable approach, allows the Zvent search engine to store about a billion daily records. Another example is Bigtable, capable of processing 20 petabytes of information daily.

3. Unlimited horizontal scaling. In contrast to relational DBMSs, NoSQL solutions are designed for unlimited horizontal scaling. Adding and removing nodes in the cluster does not affect the system's performance. An additional advantage of this architecture is that the NoSQL cluster can be deployed on conventional hardware, significantly reducing the cost of the entire system.

1. Consistency in sacrifice of productivity. In describing the NoSQL approach, we can not mention the CAP theorem. Following this theorem, many NoSQL databases implement data availability and partition tolerance, sacrificing consistency for high performance. Indeed, for many application classes, strict data consistency is something that can be easily abandoned.

1.2.1 Classification NoSQL Hosting

No matter what, the number of days is greater than the noSQL solution. Все они основываются на четырехских принципах из предлдатной раздела, но может довольно дальше отличаться друг от

друга. Many theoretics and practitioners have created their own classifications. Still, the most commonly used and commonly used system can only be used with the use of the model data offered by Rick Cattel [1]:

1. Crankshaft keypad. The outstanding personality is based on the simple model—an associative array or dictionary, allowing you to work with the cursor. The basic task of similar tasks is maximum production, so no structured signatures are stored.

2. Documentary shelters. The model identities allow you to overwrite multiple abstract keywords, called the "document." Documents can be molded in a collapsed structure and collapsed in collections. It is rather convenient to use logical compositing. For example, with a few layers of documents and a lot of money, even in the frames of a single collection, it can be absolutely prolific. Working with documents is produced by the cursor, but it also solves the resolutions, allowing the request to be attributed to the attributes.

3. Columnist shielding. The type of flesh is desirable to look like with traditional relational conventions. The model data hatch is a subtype of a subroutine as well as the number of inverted byte massifs that are referred to by the <string key, the keystroke, the meta time> [6]. The basic model data is a column, so the column for a single column can be unbalanced. The knobs on the keys are embedded in the superstition, which is defined by the properties.

4. Cigar in the graphs. Podobnye chranilyša is applied for work, which is represented by the natural form of graphs (even as a social network). The model data is from the top, the master, and the property. The work is carried out on a regular basis by the graffiti with respect to the property.

This work considered problems that put large data before the relational DBMS. Having analyzed possible ways of solving these problems, we pointed to those conceptual limitations that do not allow the classical relational architecture to cope with the rapidly increasing volume of information. Next, three approaches to working with large data were considered: NoSQL, MapReduce, and real-time event flow processing. We paid attention to those architectural features, allowing each of us to solve the task effectively. It is important to note that none of the presented approaches offer solutions to all possible problems in the context of large data. Each of them effectively solves its task class, allowing the user to choose the most suitable tool for him.

Resourses:

1 CNews«Инфографика: Что могут большие данные в банках». URL: http://bigdata.cnews.ru/ articles/infografika_chto_mogut_bolshie_dannye.

2 URL: https://cyberleninka.ru/article/n/bolshie-dannye-sovremennye-podhody-k-hraneniyu-i-obrabotke

3 McKinsey Global institute «Bigdata: The next frontier for innovation, competitionand productivity» (June 2016).

УДК 004.415.2
ГРНТИ 20.23.25

Ж.К. Кулмагамбетова[1], К.П. Аман[2]

[1]к.т.н., доцент кафедры информатики и ИТ, Актюбинского регионального государственного университета имени К.Жубанова, г.Актобе, Казахстан
[2]к.т.н.,ст.преподаватель кафедры информатики и ИТ, Актюбинского регионального государственного университета имени К.Жубанова, г.Актобе, Казахстан

МОДЕЛИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация

Развитие информационного общества на современном этапе привело к бурному развитию информационных технологий. Сейчас практически во всех сферах деятельности востребовано знание информационных технологий. Совершенствование информационных технологий занимает важное место среди многочисленных новых направлений развития образования. В данной статье рассматриваются три основные модели обслуживания облачных и информационных технологий. Приводится подробное описание каждой из моделей, возможные решаемые задачи в области применения конкретной платформы. На основе теоретического и эмпирического метода анализа были выявлены достоинства и недостатки облачных моделей обслуживания для правильного выбора заказчиками и потребителями. Использование облачных технологий исключает затраты на приобретение и поддержку необходимого программного обеспечения. Также аренда облачных услуг может производиться не постоянно, а только на период обучения по дисциплине, что значительно уменьшает затраты

на приобретение.

Ключевые слова: облачные технологии, модели обслуживания, платформа как услуга, слои облака, инфраструктура, облачные услуги.

Андатпа

Ж.К. Кулмагамбетова[1], К.П. Аман[2]

БҰЛТТЫ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫҢ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ МОДЕЛЬДЕРІ

[1]т.ғ.к., Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік мемлекеттік университеті, информатика және АТ кафедрасының доценті, Ақтөбе қ.,Қазақстан

[2] т.ғ.к., Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік мемлекеттік университеті, информатика және АТ кафедрасының аға оқытушысы, Ақтөбе қ.,Қазақстан

Ақпараттық қоғамның дамуы қазіргі кезеңде ақпараттық технологияларды қарқынды дамытуға әкелді. Қазір іс жүзінде барлық қызмет салаларында ақпараттық технологияларды білу сұранысқа ие. Ақпараттық технологияларды жетілдіру көптеген салада жаңа бағыттарды дамытуда маңызды орын алады. Бұл мақалада бұлтты қызмет көрсетудің негізгі үш моделі және ақпараттық технологиялар қарастырылады. Нақты платформаларды қолдану саласында ықтимал шешілетін міндеттердің әрбір модельдерінің егжей-тегжейлі сипаттамасы келтіріледі. Негізінде бұлтты қызмет көрсетудің теориялық және эмпирикалық әдісі талданады, оның артықшылықтары мен кемшіліктері, бұлтты қызмет көрсетуді дұрыс таңдау үшін тапсырыс берушілер мен тұтынушылар анықталады. Бұлтты технологияларды пайдалану қажетті бағдарламалық қамтаманы сатып алу шығындары мен қолдауды қажет етпейді. Сондай-ақ, жалға беру және бұлттық қызметтердің жүргізілуі тұрақты емес, яғни сатып алуға арналған шығындарды азайтады.

Түйін сөздер: бұлтты технологиялар, қызмет көрсету модельдері, платформа ретінде қызмет, бұлттар қабаттары, инфраструктура, бұлтты қызмет көрсетушілер.

Abstract

CLOUD SERVICE MODELS

Kulmagambetova Zh.R.[1], Aman K.P.[2]

[1] Cand. Sci (Engineering), Associate Professor of the K.Zhubanov Aktobe Regional State University, Aktobe, Kazakhstan

[2] Cand. Sci (Engineering), senior lecturer of the K.Zhubanov Aktobe Regional State University, Aktobe, Kazakhstan

The development of the information society at the present stage has led to the rapid development of information technology. Now, almost all areas claim knowledge of information technology. Improving information technology occupies an important place among the many new directions of development of education

This article discusses the three main models of cloud services and information technology. It provides a detailed description of each model and its ability to solve problems in the application of a specific platform. Based on a theoretical and empirical analysis, we identified the advantages and disadvantages of cloud service models for the correct choice of customers and consumers.

Using cloud technology eliminates the cost of purchasing and supporting the necessary software. Also, cloud services can be made for rent that is not constant but only for a period of training in the discipline, which significantly reduces transaction costs.

Keywords: cloud computing, service model, platform as a service, cloud layers infrastructure.

Облачные технологии – это удобная среда для хранения и обработки информации, объединяющая в себе аппаратные средства, лицензионное программное обеспечение, каналы связи, а также техническую поддержку пользователей. На сегодняшний день выделяют три основные модели обслуживания в сфере облачных технологий. Эти модели имеют еще одно название – слои облака. Данные три слоя облака, а именно услуги платформы, инфраструктуры и приложений, показывают построение помимо облачных, но и IT-технологий в совокупности.

В состав сервиса инфраструктуры (Infrastructure as a Service - IaaS) входит следующий набор физических устройств, а именно серверы данных, комплекс оборудования сети и накопители предоставляемых услуг для заказчиков [3].

Данная услуга системы помогает решить задачу тщательного оснащения отказоустойчивой комплексной централизованной системы, используя для этого вычислительную технику при возникновении необходимости в ней. Чаще всего эти услуги осуществляют поддержку инфраструктуры, а также увеличить число пользователей, если сравнивать их с сервисами приложений.

В основе принципа работы услуг инфраструктуры лежит то, что у пользователя нет полномочий для управления основной структурой Cloud Computing, но он может контролировать системы сохранности данных, ОС, расширенные приложения и осуществлять узкий контроль над выбором компонентов в сети [1]. Безопасность приложений и платформы обеспечивается непосредственно пользователем, а организацией защиты платформы занимается провайдер облачного сервиса. Нередко применяют виртуализацию для использования накоплений при появлении потребности.

В качестве примера сервиса инфраструктуры выделяют аппаратное обеспечение как услуга (Hardware as a Service - HaaS) [4]. Для пользователя услугой является полученное оборудование, используя которое можно реализовать собственную систему структуры, применяя необходимое программное обеспечение.

Рассматривая данный сервис, одним из основных достоинств можно выделить уменьшение вложений собственного капитала в аппаратную составляющую оборудования. Так как этот слой облака применяет методы виртуализации, это помогает существенно сэкономить, используя более выгодные средства.

В ряд недостатков входит зависимость от средств поставщика, что влияет на производительность и эффективность бизнеса. Вероятны большие и долговременные денежные расходы. Для выделения сервера в сети необходимо постоянно обновлять способы для осуществления безопасности. В качестве сервиса инфраструктуры можно представить: хранилище облака Google, сервер облака компании Parallels, Smart Cloud Enterprise фирмы IBM, а также Azure от Windows.

Если пользователю необходимы в качестве комплекта сервиса - разработанные или полученные приложения, то предлагаются Platform as a Service – PaaS. В состав данного сервиса входят следующие средства: объединение, переходное программное обеспечение, данные, связь и обмен сообщениями (Рисунок 1).

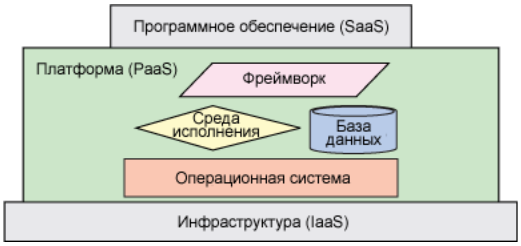


Рисунок 1. Пример взаимоотношений категорий Cloud Computing и элементов PaaS.

Для обеспечения сохранности значительного объема данных и расширения предоставленного дискового пространства используются услуга данных (Data as a Service). Рассматривая сервис - рабочее место (WaaS), который помогает применять Cloud Computing при создании рабочих пространства персонала, целью является осуществление настройки и установки программного обеспечения в целях повышения эффективности работы подчиненных. Для ускоренного создания программных продуктов, которые позволяют предоставить надежное применение веб-технологий, надежность в ходе переписки в электронной почте и безопасность в локальной сети. Эта услуга дает экономию на создание и сохранение системы безопасности.

Модель обслуживания «услуга как платформа» - это комбинация сервиса инфраструктуры с операционной системой и интерфейсом API, то есть прикладного программирования. Потребитель не может управлять основной инфраструктурой облачных вычислений, но имеет право контролировать системы сохранности информации, операционные системы, расширенные приложения и осуществлять настройку хостинга. Обеспечение сохранности приложений, реализуемых на предлагаемых программах, ложится на конечного потребителя.

Работа приложений производится непосредственно в облачном пространстве или в стационарных дата-центрах. Также используется виртуализация для расширяемости в Cloud- пространстве.

Главным преимуществом данного сервиса является незаметный переход для пользователей при создании и внедрении новых версий.

К недостаткам относится надежная защита работы централизованного сервера.

Примеры сервиса платформы: Windows Azure, App Engine фирмы Google, CastIron, Web Services от Amazon, а также Smart Cloud Application от IBM.

Услуги приложений или иначе Software as a Service предусматривают что запуск приложений производится в облачной среде и при необходимости предоставляются пользователям в качестве сервиса [5]. Потребитель, используя сеть Интернет, может получить доступ к программному обеспечению, расположенному удаленно на сервере. Поставщик сервиса отвечает за обновления версий, а также лицензии на программный продукт. Использование данного программного продукта по факту определяет стоимость оплаты. Получая доходы от размещения рекламы, некоторые поставщики предоставляют свои услуги бесплатно.

Различные устройства и интерфейсы клиенты, а именно веб-почта, веб-браузеры, программные интерфейсы, позволяют обеспечить доступ к приложениям. Пользователь не имеет возможности вносить изменения в основную структуру облачного сервиса, сервера, сети, лишь отвечает за безопасность данных для доступа и настройку приложений.

Самыми широко распространенными из трех моделей обслуживания среди пользователей являются приложения. Ярким примером являются широко известные почтовые сервисы Mail.ru и Gmail. Ежедневно, используя технологию Web 2.0, появляется все больше приложений, которых сейчас тысячи. Большинство из них разрабатывается для корпоративных сообществ. Есть приложения, отвечающие за начисление заработной платы, управление ресурсами кадров, работой коллектива, отношениями с клиентами и сотрудниками.

Достоинством данной услуги является уменьшение вложений в аппаратное оборудование и трудовые кадры, снижение потерять инвестиции, незаметное внедрение новых версий программного продукта.

Основным недостатком является обеспечение безопасности при централизации.

Примеры услуг приложений: Google Docs, Acrobat.com, Gmail, Photoshop.com. Большинство мобильных приложений реализовано на Software as a Service.

К основным средствам безопасности данных в облачном пространстве относятся шифрование, аутентификация, изоляция пользователей и защита информации при передаче [6].

Шифрование - распространенный способ защиты информации, сложностью которого является отдельное использование сервера «в облаке» и сервера с ключами расшифровки данных.

Аутентификация – защита информации с помощью пароля. Наиболее распространены электронные ключи или сертификаты. В облачной инфраструктуре чаще всего используют One Time Password - метод разовых паролей. Генерация паролей происходит с помощью особых программ, дополнительных устройств или сервисов, применяющих рассылку по sms. Cloud Computing дает большое пространство и расширение географического распределения. Лидирует аутентификация посредством получения по sms пароля, сгенерированного сервером и отправкой на мобильное устройство. Доступ к облачному сервису осуществляется после правильного ввода пароля.

Изоляция данных пользователей друг от друга достигается путем внесения преобразований в код единой программной среды. Существует риск обнаружения в коде выхода на доступ к данным прочих пользователя. Специалисты, работающие с этой технологии, уделяют особое внимание безопасности хранения данных.

Используя известные протоколы AES , TLC и IPsec обеспечивается защита информации при передаче, причем данные прошедшие шифрование могут быть получены только выполнив аутентификацию. Этот метод позволяет избежать чтения и внесения изменений в данные при входе через небезопасные источники.

По мнению ученых в скором времени подразделение облачных вычислений исчезнет с развитием высоких технологий [2]. В таких приложениях будет сочетание услуг, собранных у различных поставщиков, что даст начало новой общей модели Everything as a Service. Данная модель даст потребителю расширенные права на аппаратную и программную составляющую, контроль бизнес-процессов, а также взаимоотношения с потребителями.

Список использованной литературы

1 *Amrhein D., Quint S., Cloud computing for the enterprise: Part 1: Capturing the cloud, 2012.*

2 *Медведев, А., Облачные технологии: тенденции развития, примеры исполнения //Современные технологии автоматизации, 2013. № 2. С. 6–9.*

3 *Орландо Д., Модели сервисов облачных вычислений: инфраструктура как сервис, 2012.*

4 *Орландо Д., Модели сервисов облачных вычислений: платформа как сервис, 2012.*

5 *Орландо Д., Модели сервисов облачных вычислений: программное обеспечение как сервис, 2012.*

6 *Котяшичев И.А., К вопросу о безопасности облачных технологий в информационной среде/*

7 Сейдаметова З. С., Сейтвелиева С. Н. Облачные сервисы в образовании // Информационные технологии в образовании. 2011. № 9.

8 Кожамжарова Д.Х., Анализ и описание модели мультиагентной системы, Теория и практика современной науки: материалы XVII Международной научно-практической конференции, г. Москва, 8–9 апреля 2015. С. 52-61

УДК 621.39:004.05
ГРНТИ 81.93.29

Л.М. Қыдыралина[1]

[1]Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университетінің докторанты, Алматы қ., Казақстан

ОҚУ ОРНЫНЫҢ КИБЕРҚАУІПСІЗДІК ҚҰРАЛДАРЫН ҚАРЖЫЛАНДЫРУ БОЙЫНША ШЕШІМДЕРДІ ҚОЛДАУ МОДЕЛІ

Аңдатпа

Мақалада оқу орнының ақпараттық – коммуникациялық ортасының киберқауіпсіздік құралдарын қаржыландыру бойынша шешімдерді қолдау жүйесінің модулі үшін модель қарастырылған. Математикалық модель көп қадамды ойындар теориясына негізделген. Автор осы саладағы алдыңғы зерттеулерге жасалған талдауды ескеріп шешім ұсынып отыр, ол шешім білім беру мекемесінің ақпараттық қауіпсіздігін басқаруға, атап айтқанда ірі университеттің ақпараттық білім беру ортасының киберқауіпсіздік жүйелерін тиімді құру бойынша қаржылық стратегияларды алдын-ала бағалау жасауға мүмкіндік береді. Моделдің айрықша ерекшелігі қорғаушыда шабуыл жасаушы жақтың білім беру мекемесінің ақпараттық – коммуникациялық жүйесінің киберқауіпсіздік шекараларын еңсеруге бағытталған қаржылық стратегиялары және қаржылық ресурстарының жағдайы туралы толық ақпараттың жоқтығын ескереді. Модельдің өзектілігін тексеру үшін көп нұсқалық есептеу эксперименті жүзеге асырылды, мақалада есептеу экспериментінің нәтижелері сипатталған.

Түйін сөздер: киберқауіпсіздік, ақпараттық – коммуникациялық орта, оқу орындары, ойындар теориясы, шешімдерді қабылдауды қолдау, қаржылық стратегияны таңдау.

Аннотация

Л.М. Кыдыралина[1]

[1]Докторант Казахского национального педагогического университета имени Абая, г.Алматы, Казахстан

МОДЕЛЬ ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЙ ПО ФИНАНСИРОВАНИЮ СРЕДСТВ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

В статье рассмотрена модель для модуля системы поддержки принятия решений по финансированию средств кибербезопасности информационно-коммуникационной среды учебного заведения. Модель базируется на теории многошаговых игр. Авторами предложено решение, которое позволяет менеджменту информационной безопасности учебного заведения, в частности, крупного университета, производить предварительную оценку финансовых стратегий построения эффективных систем кибербезопасности. Отличительной чертой модели является допущение, что сторона защиты не имеет полной информации о финансовых стратегиях атакующей стороны и состояниях его финансовых ресурсов, направленных на преодоление рубежей кибербезопасности информационно-коммуникационных систем учебного заведения. Для проверки адекватности модели реализован многовариантный вычислительный эксперимент, результаты которого описаны в статье.

Ключевые слова: кибербезопасность, информационно-коммуникационная среда, учебное заведение, теория игр, поддержка принятия решения, выбор финансовой стратегии.

Abstract

A MODEL OF DECISION SUPPORT ON CYBERSECURITY MEANS FINANCING OF AN EDUCATIONAL INSTITUTION

Kydyralina L.[1]

[1]Doctoral student, Abai University, Almaty, Kazakhstan

The article considers a model for the decision support system module on cybersecurity, which means financing the information and communication environment of the educational institution. The model is based on the theory of multistep games. The authors proposed a solution that allows information security management of an educational institution, in particular, a large university, to make a preliminary assessment of financial strategies for the creation of

effective cybersecurity systems. A distinctive feature of the model is the assumption that the protection side does not have complete information about the financial strategies of the attacking side and about the states of its financial resources aimed at overcoming cybersecurity boundaries of information and communication systems of the educational institution. To verify the adequacy of the model, a multivariate computational experiment is realized, the results of which are described in the article.

Keywords: cybersecurity, information and communication environment, educational institution, game theory, decision-making support, a choice of financial strategy.

1. Кіріспе

Көптеген ақпаратты қорғау облысының мамандарының айтуынша оқу мекемелерінің, атап айтқанда университеттердің ақпарат қауіпсіздік (АҚ) жүйесі және киберқауіпсіздік (КҚ) жүйесі ақпараттық массивтерінің және мәліметтерінің қауіпсіздігін, құпиялылығын сақтауды қамтамасыз етіп қана қоймай, сонымен қатар оқу орындарының ақпараттық – коммуникациялық жүйесіне (ООАКЖ) сырттан рұқсатсыз енудің мүмкін болмайтынына кепілдік беру керек [1–3]. ООАКЖ-нің АҚ және КҚ қамтамасыз ету шаралары әрине қаржыландыруды талап етеді [4–6].

Айталық, ООАКЖ-де сақталатын және айналатын қорғау керек мәліметтерге мыналарды жатқызайық [2, 4, 7]: студенттердің (оқушылардың), оқытушылардың, қызметкерлердің жеке мәліметтері; оқу орнының интеллектуалды меншігін көрсететен цифрланған ақпарат; оқу процесін қамтамасыз ететін ақпараттық массивтер (мысалы, берілгендер базасы, оқыту бағдарламалары, мультимедиялық контенттер); және т.б. Бұл ақпаратты сыртқы (ішкі) компьютерлік зиянкестердің немесе оқушылар немесе қызметкерлер жағынан жасалған бұзақылық әрекеттерінен болған ұрлау немесе бүлдіру объектісі ретінде қарастыруға болады.

Жоғарыда айтылғандардың барлығы, университеттердің ақпараттық қауіпсіздігі және ақпараттық – коммуникациялық жүйесінің киберқауіпсіздігі үшін оптималды қаржылық стратегиясын таңдайтын есептерде атап айтқанда, шешімдерді қабылдауда интеллектуалды қолдау жүйесі үшін жаңа модельдерді әзірлеуді зерттеу өзекті проблема екенін анықтайды.

2. Мақаланың мақсаты – оқу орындарының, атап айтқанда университеттердің ақпараттық жүйесі және ақпараттық – коммуникациялық жүйесінің киберқауіпсіздігінің тиімді қаржылық стратегиясын таңдайтын процесте шешімдерді қабылдауда интеллектуалды қолдау жүйесінің модулі үшін модель әзірлеу.

3. Алдыңғы зерттеулерге шолу

Кибершабуылдардың күрделілігінің өсу тенденциясы барлық мүмкін ақпараттық жүйелерде және технологияларда, атап айтқанда университеттердің ақпараттық– коммуникациялық жүйесінің (УАКЖ) ақпаратты қорғау және КҚ әр түрлі қолданбалы аспектілерінің шешімдерін қабылдау облысында есептеулердің интеллектуализациялау проблемасына қатысты көптеген зерттеулердің толқынын тудырды [8–12].

УАКЖ-нің ақпаратты қорғау құрылғыларының және әр түрлі ақпарат объектілерінің КҚ- не қаржыландыру стратегияларын таңдауда шешімдерді қабылдауды қолдау үшін жаңа әдістерді және модельдерді синтездеуге байланысты жұмыстар бір мезгілде жалғасуда [12–15]. Киберқауіпсіздікте қаржыландыру бойынша шешім қабылдау – перманентті есеп екені [10] –те көрсетілген. Бірақ, соңғы бірнеше [12–15] жұмыстардағы талдаулар УАКЖ үшін АҚ жүйесін және КҚ қаржыландыруға байланысты стратегиялар алудың жалпыланған әдістерінің жоқтығы осы зерттеу сегментінде олардың ортақ кемшілігі болып табыладығын көрсетеді. Сонымен қатар КҚ қаржыландыруды сипаттайтын [13, 14] модельдерде шабуыл жасаушы жақтың қаржылық стратегияларында белгісіз мәліметтерінің болуы мүмкін жағдайлары ескерілмейді. Ал [9–12] ұсынылған модельдерде киберқорғаушы жағынан жоғалатын қаржылық ресурстың тәуекелділігін анықтау мүмкіндігі қарастырылмаған.

Біздің ойымызша, УАКЖ үшін АҚ жүйесін және КҚ қаржыландыру стратегияларын оптимизациялау проблемасындағы көптеген қолданыстағы тәсілдердің кемшілігін дифференциалды әдістер теориясын және көпқадамды сапа ойнын қолдану арқылы жоюға болады [2–6]. Сонымен, жасалған зерттеулердің анализдері УАКЖ үшін АҚ жүйесін және КҚ қаржыландыру стратегияларын оптимизациялау есебінде шешімдерді қолдау жүйесі үшін модельдерді әрі қарай дамыту маңызды проблема екенін көрсетеді.

4. Әдістер және модельдер

Мақала [3, 5, 6] жұмыстарындағы авторлардың идеясын дамытып отыр. Ойындар теориясы шеңберінде екі жақ қарастырылады: №1 –ші ойыншы УАКЖ қорғаушы (УАКЖҚ); №2–ші ойыншы компьютерлік зиянкес (КЗ). Екі ойыншыда өздерінің мақсаттарына жету үшін қаржылық ресурстарды (ҚР) қолданады [1, 4, 6, 13]. Ойыншыларда сәйкесінше $x(0)$ және $y(0)$ ҚР бар. Өзара қарым қатынас уақыты берілген $\{0,1,...,T\}$, мұндағы T – натурал сан. Ойыншылардың өзара қарым қатынасы бисызықты көпқадамды сапа ойнын береді. Ойыншылар кезектесіп қозғалады. Қорғаушыда КЗ -тің қаржылық ресурстары туралы ақпарат толық емес. Қорғаушыға КЗ -тің бастапқы күйінің $F_0(\cdot)$ таралу функциясы белгілі болсын деп болжайық.

Берілгені:

1) $t = 2n, x(t),\ x(t+1)$ – t уақыттағы УАКЖҚ жағдайы, $t+1$;

2) $x_2^{\xi}(t), x_2^{\xi}(t+1)$ –t уақыттағы КЗ кездейсоқ жағдайы, $t+1$.

Бұдан $t+1,\ t+2$ уақытында ойыншылардың жағдайлары мына қатынастардан анықталады:

$$x(t+1) = \alpha(t)\cdot x(t) - u(t)\cdot\alpha(t)\cdot x(t);\quad y^{\xi}(t+1) = y^{\xi}(1) - s_1\cdot u(t)\cdot\alpha(t)\cdot x(t); \tag{1}$$

$$y^{\xi}(t+2) = \beta(t)\cdot y^{\xi}(t+1) - \nu(t)\cdot\beta(t)\cdot y^{\xi}(t+1);\ x(t+2) = x(t+1) - s_2(t)\cdot\nu(t)\cdot\beta(t)\cdot y^{\xi}(t+1); \tag{2}$$

Мұндағы $u(t), \nu(t): u(t)\in[0,1], \nu(t)\in[0,1]; s_1 > 0, s_2 > 0.$ $t\in\{0,2,4,...,2\cdot n\}$ уақытта УАКЖҚ $x(t)$ шаманы $\alpha(t)$ (өзгеру, өсу қарқынының) коэффициентіне көбейтеді. Одан кейін УАКЖҚ $u(t)$ шамасын таңдайды $(u(t)\in[0,1])$, ол шама *t уақытта* УАКЖҚ бөлінген ресурстың көлемін анықтайды $\alpha(t)\cdot x(t)$.

Ойыншылардың $t+1$ уақыттағы жағдайлары (УАКЖҚ және КЗ) (1) және (2) қатынастар арқылы беріледі. Сондықтан КЗ УАКЖ бұзу үшін өзінің қаржылық стратегиялар шеңберінен $s_1\cdot u(t)\cdot\alpha(t)\cdot x(t)$ қаржылық ресурсты тарату керек болады. s_1 параметрі (коэффициенті) КЗ УАКЖ бұзу үшін құрал сатып алу үшін немесе әзірлеу үшін жұмсайтын «тиімді» қаржыландыруды сипаттайды. Егер мына шарт ақиқат болса:

$$P\left(y^{\xi}(t+1) < 0\right) \geq p_o,\ (0 \leq p_o \leq 1), \tag{3}$$

онда бірінші ойыншы УАКЖҚ УАКЖ p_0 ықтималдықпен кепілдік бере отырып қорғайды. Бұл жағдайда УАКЖҚ өзінің қаржылық ресурсын жұмсайды. Осылайша, УАКЖҚ жағынан УАКЖ АҚЖ және КҚ қаржыландыру процесі аяқталады. Егер (3) шарт орындалмаса, онда УАКЖҚ жағынан УАКЖ АҚЖ және КҚ қаржыландыру процесі жалғасады.

Екінші ойыншы (КЗ) түпкі мақсаты - УАКЖ шекараларын еңсеруге бағытталған өзінің қаржылық стратегияларының шеңберінде УАКЖҚ сияқты әрекет жасайды. Онда ойыншылардың жағдайлары (2) қатынас арқылы анықталады. Егер мына шарт ақиқат болса:

$$P\left(x(t+2) > 0\right) < p_1,\ (0 \leq p_1 \leq 1), \tag{4}$$

онда КЗ УАКЖ киберқауіпсіздігіне шабуыл жасап үлгерді деп айтуға болады. Бұл нәтиженің ықтималдығы $(1-p_1)$ арқылы сипатталады. Бұл этапта УАКЖ АҚЖ және КҚ қаржыландыру процесі ұтылады және УАКЖ АҚЖ және КҚ қаржыландырудың жаңа қаржылық стратегиясын таңдайды.

Айталық УАКЖҚ төмендегі қасиеттерге сәйкес келетін өзінің бастапқы жағдайларының жиынын табуға мүдделі болын делік.

Ойын қасиеттері:

1) Егер ойын бастапқы жағдайдан басталса, онда УАКЖҚ өзінің басқару әсерлерімен $u(0),...,u(t)\,(t=2n)$ УАКЖ киберқорғауының ықтималдығын p_0 де үлкен болатындай қамтамасыз етеді.

2) УАКЖҚ таңдап алған қаржылық стратегиясы КЗ $(1-p_1)$ ықтималдықтан көбірек зақымдаудың болмауына ықпал етеді.

3) 1 пункте және «ойын қасиеттері» бөлімінде сипатталған жағжайлардың жиыны УАКЖҚ (бірінші ойыншы) «қалау» жиынын береді.

Ары қарай келесі белгілеулерді енгізейік:

Φ – бір өлшемді кездейсоқ шамаларды таралу функциясы жиыны; $2n-T$ натурал санына жақын жұп сан; $T^* = \{0,2,...,2n\}$ – натурал жұп сандардың жиыны.

Жоғарыда айтылғандардың негізінде мынадай анықтама енгізіледі:УАКЖҚ таза қаржылық стратегиясы $u(.,.,.)$-бұл $u(t,x,F)\in[0,1],(F\in\Phi)$ болатындай функция $u(.,.,.)$: $T^*\times R_+\times\Phi\to[0,1]$. Сондықтан, УАКЖҚ қаржылық стратегиясы – ойыншыға бар мәліметтеріне сүйене отырып УАКЖ АҚЖ және КҚ кететін қаржылық ресурсын есептеуге мүмкіндік беретін ереже

№ 2 ойыншы (КЗ) УАКЖ бұзу мақсатында кез-келген акпаратқа сүйене отырып $\nu(.)$ өзінің қаржылық стратегиясын таңдауға құқылы. Ойыншылар мақсаттарына жету үшін олардың түрлі мақсаттары болады және әр түрлі қаржылық стратегияны ұстанады.

Мақаладағы көрсетілген (1-4 өрнектердегі) ойын моделі [9, 12, 15] тәуекелділік жағжайындағы шешімдерді қабылдау есебі. Сонымен қатар модель кезектесіп қозғалатын бәрнеше терминалды беттері бар бисызықты көп қадамды ойын сапасының моделі [9, 14]. УАКЖҚ «қалау» жиынын және оптималды стратегияларын табу көптеген параметрлерге байланысты. УАКЖҚ «қалау» жиынын былай сипаттауға болады:

$$c(0)=\inf\{c'\},\ d(0)=\inf\{d'\},\ F_0(c')\ge p_0,\ F_0(d')\ge p_1. \tag{5}$$

УАКЖҚ «қалау» жиыны және оптималды стратегиялары $T=1,3,...$ үшін табылады. «Қалау» жиыны үшін белгілеулер енгізейік: $V_1^T(p_0,p_1)$ – УАКЖҚ «қалау» жиыны, осы жиынның ішінен қорғаушы УАКЖ АҚЖ және КҚ қаржыландыру процедурасының T қадамын сәтті аяқтайды. $T=1$ мәнінде, $V_1^1(p_0)=\{x(0):s_1\cdot\alpha\cdot x(0)\ge c(0)\}$. болады. Сондықтан, УАКЖҚ оптималды қаржыландыру стратегияларын былай жазуға болады:

$$u_*(1,x,c)=\begin{cases}1,\ for\ s_1\cdot\alpha\cdot x\ge c;\\ 0,\ otherwise.\end{cases} \tag{6}$$

Зерттеу барысында университеттегі киберқауіпсіздік және ақпаратты қорғау жүйесін тиімді қаржыландыруды таңдау модельдерінде ойынның параметрлерінің қатынастарының барлық нұсқалары қарастырылды. [12–15] сәйкес былай жобалаймыз: $\left\{x(0):x(0)\in R_+,\ c(0)\in R_+\ c(0)=\left(\alpha/(s_2\cdot\beta)\right)x(0)\right\}$ сәуле қорған шекарасы болады [14]. Бұны былай түсіндіруге болады. $x(0):c(0)>\left(\alpha/(s_2\cdot\beta)\right)x(0)$ жағдайда УАКЖҚ $p\ge p_0$. ықтималдықпен мақсатына жете алмайды. Бұл сәулені АКЖ қорғау құралдарын қаржыландыру процедурасы үшін стохастикалық тепе - теңдік сәулесі деп атауға болады.

Модельді сынау мақсатында есептеу эксперименттері PTC MathCad 4.0. пакетінде орындалды.

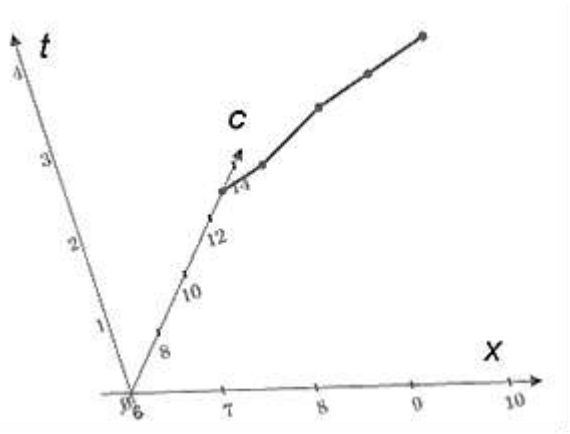
5. Есептеу эксперименттері

Есептеу эксперименттерінің мақсаты:

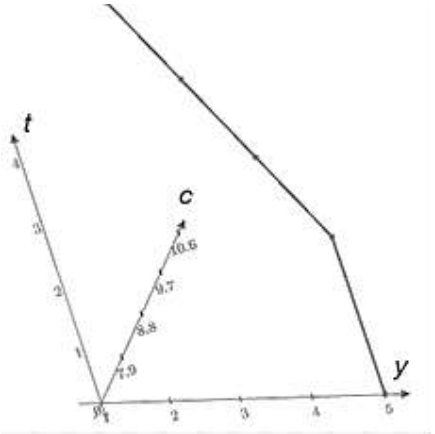
1) Ойыншылардың қаржылық стратегияларының жиынын анықтау (УАКЖҚ және КЗ);

2) Ұсынылған математикалық модельдің адекваттылығын бағалау

3) Екі есептеу экспериментінің нәтижелері 1, 2 суреттерде көрсетілген.



Сурет 1. №1 есептеу экспериментінің нәтижелері



Сурет 2. №2 есептеу экспериментінің нәтижелері

Мақаладағы шешім ойынның параметрлерінің барлық мүмкін қатынастары үшін алынды. Есептеу экспериментінің нәтижелерін қолдана отырып, УАКЖҚ тиімді қаржыландыру стратегияларын табамыз. Есептеу экспериментінің нәтижелерінің практикалық мәліметтерден максималды ауытқуы 7-12 % аспайды.

1 және 2 суреттерде келесі жағдайлар көрсетілген. Үш өлшемді оң ортант қарастырылады $(t, x(0), c(0))$ (кеңістікте). *t осі* «нолден бастап төменнен жоғары жүреді». *t* уақыт – ойыншылардың (УАКЖҚ және ҚЗ) қадамдарының саны. Ортантта (0,0,0) нүктесінен басталатын жазықтықтардың жиыны қарастырылады. Жазықтықтар өзара перпендикуляр $(0, x(0), c(0))$ және мына өрнекпен беріледі: $c = \left(3.5 - \frac{1}{n}\right) \cdot x.$, мұндағы n кез-келген оң сан. Бұл жазықтықтар n қадамдағы УАКЖҚ «қалау» жиынын береді. $p_0 = p_1$ болсын деп келісілген. Мысалы, $V_1^n(p_0, p_0)$ жиыны, мынандай жиын:

$$\left\{(n, x(0), c(0) : x(0), c(0)) \in R_+^2, \left(3.5 - 1/(n-1)\right)x(0) \le c(0) < \left(3.5 - 1/(n)\right)x(0), t = n\right\}.$$

$n = 1$ болса, онда $V_1^1(p_0) = \left\{(1, x(0), y(0) : x(0), c(0)) \in R_+^2, 0 \le c(0) < (2.5)x(0), t = 1\right\}$.

$c(0) = (3.5) \cdot x(0)$ сәулесі $(x(0), c(0))$ жазықтықта – тепе- теңдіктің стохастикалық сәулесі [12–14], сурет 1 көрсетілген.

1 есептеу эксперименті (1сурет) УАКЖҚ ҚЗ қаржылық ресурсы «басым» болатындай жағдайға сәйкес келеді. Бұл жағдай оған (t, x, c) үш өлшемді жазықтықта «ортақ траекторияны» басқаруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, өзінің қаржылық ресурстарының траекториясын УАКЖҚ үшін «қалау» аймағындағы терминалды бетке әкелуге мүмкіндік береді. 2 есептеу эксперименті (2 сурет) 1суреттегі сипатталған жағдайға симметриялы. Яғни, екінші ойыншы (ҚЗ немесе хакер) қаржылық ресурс жағынан басым болады. Сондықтан, ҚЗ өзінің қаржылық ресурстарының траекториясын «қалау» аймағындағы терминалды бетке әкеледі. Сонымен, есептеу эксперименті модельдің адекваттылығын растады. Бұнымен қатар, модель УАКЖ АҚЖ және КҚ қаржыландыру сферасына нәтижелі шешімдерді қабылдауды қолдауды қамтамасыз ететіндей мүмкіндігі бар екені расталды.

Мақалада ұсынылып отырған модель бастапқы шарттары ескерілмеген атап айтқанда, шабуыл жасаушының (ҚЗ-хакер) қаржылық ресурстары туралы толық ақпарат болмаған жағдайды қарастырып, кемшілікті жойды. Бұл мәтінде анықталған модельдің бұрын қарастырылған [8, 12] шешімдерден және [5, 9, 11, 15] авторлар қарастырған модельдерден ерекшеленеді.

Алғыс. Мақаланы дайындау кезінде кеңес бере отырып көмек көрсеткен т.ғ.д., профессор В.А. Лахноға және т.ғ.д., профессор Б.С. Ахметовқа автор алғыс білдіреді.

6. Қорытындылар. Мақалада төмендегі нәтижелер алынған.

Модель университеттердің ақпараттық– коммуникациялық жүйесінің (УАКЖ) ақпаратты қорғау және киберқауіпсіздігін тиімді қаржыландыру стратегияларын таңдау арқылы инвистициялайтын интеллектуалданған шешімдерді қабылдауды қолдау жүйесі үшін ұсынылған. Модель динамикалық программалау әдістерін ақпараттары толық емес есептерді шешу үшін қолдануды болжайды. Бұрын

табылған шешімдерден айырмашылығы, ақпаратты толықтыру үшін УАКЖҚ жағынан қаржылық ресурстарды жұмсауды қажет ететін барлық жағдайдалардың нұсқалары үшін нәтижелі шешім табуға мүмкіндік берді.

Жұмыста есептеу экспериментінің нәтижелері сипатталған. Ойынның шешімінде университеттің ақпараттық – коммуникациялық жүйесінің киберқауіпсіздік шекараларын еңсеруге ұмтылатын УАКЖ қорғаушысы және компьютерлік зиянкестер үшін ойын параметрлерінің барлық жағдай үшін қатынастары келтірілген.

Имитациялық эксперименттер барысында, УАКЖ қорғаушы жағына хакердің қаржылық ресурстары туралы мәліметтер белгісіз болған жағдайлар қарастырылды.

Жасалған есептеу эксперименті модельдің адекваттылығын растады. Есептеу экспериментінің нәтижелерінің практикалық мәліметтерден ауытқуы 12 % аспайды.

Пайдаланған әдебиеттер тізімі

1 Rezgui, Yacine, and Adam Marks. (2010). "Information security awareness in higher education: An exploratory study." Computers & Security 27.7 (2008): pp.241-253.

2 Sultan, Nabil. "Cloud computing for education: A new dawn?." International Journal of Information Management 30.2, pp. 109–116.

3 Ахметов Б.С., Яворский В.В. Моделирование информационной образовательной среды вуза. – Караганда: КарГТУ, 2006. – 251с.

4 Lakhno, V., Boiko, Y., Mishchenko, A., Kozlovskii, V., Pupchenko, O. (2017). Development of the intelligent decision-making support system to manage cyber protection at the object of informatization, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2/9 (86), pp. 53–61.

5 Gordon, L. A., Loeb, M. P., Lucyshyn, W., & Zhou, L. (2015). The impact of information sharing on cybersecurity underinvestment: a real options perspective. Journal of Accounting and Public Policy, 34(5), pp.509-519.

6 Cavusoglu H., Mishra B., Raghunathan S. A model for evaluating IT security investments, Communications of the ACM, 2004, Vol. 47, No. 7, pp.87–92.

7 Lakhno V. A. Development of a support system for managing the cyber security, Radio Electronics, Computer Science, Control, 2017, No. 2, pp.109–116.

8 Manshaei M. H., Zhu Q., Alpcan T. et al. Game theory meets network security and privacy, ACM Computing Surveys, 2013, Vol. 45, No. 3, pp.1–39.

9 Fielder A., Panaousis E., Malacaria P. et al.Game theory meets information security management, IFIP International Information Security Conference, Marrakech, Morroco, 2–4 June 2014 : proceedings, Berlin, Springer, 2014, pp.15–29.

10 Gao X., Zhong W., Mei S. (2014). A game-theoretic analysis of information sharing and security investment for complementary firms. Journal of the Operational Research Society. Vol. 65, No. 11. pp. 1682–1691.

11 Lakhno V., Malyukov V., Gerasymchuk N. et al. (2017). Development of the decision making support system to control a procedure of financial investment, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 6, No. 3. pp. 24–41.

12 Akhmetov B. et al. (2017). Designing a decision support system for the weakly formalized problems in the provision of cybersecurity. Eastern-European Journal of Eenterprise Technologies. No. 1 (2). pp. 4–15.

13 Akhmetov B. B., Lakhno V. A., Malyukov V. P.The choice of protection strategies during the bilinear quality game on cyber security financing bulletin of national academy of sciences of the republic of kazakhstan , ISSN 1991-3494, Volume 3, Number 373 (2018), pp. 6 – 14.

14 Akhmetov B. B., Lakhno V. A., Malyukov V. P. Model of investment strategies in cyber security systems of transport situational centers, Zaporizhzhia National Technical University, ISSN 1607-3274, № 2(45) 2018, pp.83-89.

15 Akhmetov B. B., Lakhno V. A., Akhmetov B. S., Malyukov V. P. The choice of protection strategies during the bilinear quality game on cyber security financing, The bulletin of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan, ISSN 1991-3494, Volume 3, Number 373 (2018), pp. 6 – 14.

УДК 004.4.056
ГРНТИ 20.01

Г.А. Мадьярова[1], Б.К. Молдабеков[2]

[1] п.ғ.к., доцент, «НАРХОЗ» Университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2] аға оқытушы, Қазақ ұлттық аграрлық университеті, Алматы қ., Қазақстан

ЖЕЛІЛІК ТАЛДАУ АРҚЫЛЫ R STUDIO ОРТАСЫНДА ДЕРЕКТЕРДІ ВИЗУАЛДАУ

Аңдатпа

Желі жөніндегі ғылым өзара байланыстарды талдау арқылы биологиялық, физикалық, әлеуметтік және ақпараттық жүйелердің интерпретациясын және оларды меңгеруге арналған ғылыми әдіс болып табылады.

Осы мақалада желілік талдау арқылы R studio ортасында деректерді визуалдау мүмкіндіктері қарастырылған. Нысандарды желінің түйіндері ретінде қарастыра отырып, олардың арасындағы байланыстарды анықтау ерекшеліктері талданған. R studio ортасының мүмкіндіктерін пайдалана отырып, нысандардың өзара байланысы визуалды түрде көрсетілген. Нысан ретінде Нархоз университеті мен академиялық ұтқырлық бағдарламасы бойынша өзара студенттермен алмасатын шетелдік университеттер қарастырылған. Соңғы үш оқу жылындағы осы жоғарғы оқу орындарымен Нархоз университетінің арасындағы студенттердің академиялық ұтқырлық бойынша өзара байланысы талданған.

Түйін сөздер: Желілік талдау, деректерді талдау, деректерді визуалдау

Аннотация

Г.А. Мадьярова[1], Б.К. Молдабеков[2]

[1] к.п.н., доцент, Университет «НАРХОЗ», г.Алматы, Казахстан
[2] старший преподаватель, Казахский национальный аграрный университет, г.Алматы, Казахстан

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ В СРЕДЕ R STUDIO С ПОМОЩЬЮ СЕТЕВОГО АНАЛИЗА

Наука о сетях является научным методом который изучает общие черты природных или искусственных сетей, таких как информационные, биологические и социальные сети. Предметом исследования науки о сетях является сетевое представление физических, биологических и социальных явлений, ведущее к построению моделей позволяющих прогнозировать эти явления.

В данной статье рассмотрены возможности визуализации данных в среде R studio с помощью сетевого анализа. Рассматривая объекты как узлы сетей, проанализированы особенности определения связей между ними. В среде R studio показаны возможности визуализации связи между объектами. В качестве объекта рассматриваются высшие учебные заведения, в частности Университет Нархоз и зарубежные вузы которые сотрудничают по программе академической мобильности. Делается анализ на взаимосвязь между вузами по академической мобильности студентов

Ключевые слова: сетевой анализ, анализ данных, визуализация данных

.

Abstract

CAPABILITIES IN R STUDIO WITH NETWORK ANALYSIS

Madyarova G.A.[1], Moldabekov B.K.[2]

[1] Cand. Sci. (Pedagogical), Associate Professor, NARXOZ University, Almaty, Kazakhstan
2 Senior Lecturer, Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan

Network science is a scientific method that studies the standard features of natural or artificial networks, such as information, biological, and social networks. The subject of network science research is the network representation of physical, biological, and social phenomena, leading to the construction of models to predict these phenomena.

This article will review the visualization capabilities in R studio with network analysis. Methods of analysis and visualization of communication between objects are considered network nodes. Mobility partnerships of Narxoz University with different foreign universities are given as examples. The data set contains information for the last three academic years.

Keywords: network analysis, data analysis, data visualization

Бүгінгі күнде желілер компьютерлердің өзара байланысын көрсетумен қатар, ғылымның әртүрлі саласында кең мағынада қолданалып отыр. Желілерді талдау іскерлік байланыс, тәуекелділік деңгейін анықтау, сауда саттық, еңбек нарығы т.с.с. әртүрлі салаларда нысандардың бір бірімен

байланысын анықтау көптеген мәселелерді алдын ала анықтау және шешуге өз көмегін тигізеді. Әрбір нысанның желідегі орны мен құрылымы өте маңызды болып саналады [1].

Желілерді талдау (network analysis) – бұл басқа пәндерден, атап айтқанда графтар териясы мен математикадағы топологиялардан, антропологиядағы туысқандық байланыстарды талдау жүйесінен, әлеуметтік топтарды және әлеуметтанудағы процестерді талдаудан алынған өзіндік теориясы мен әдістері бар жеке ғылыми бағыт болып табылады [2].

Желілерді талдауды нақты кімнің қай жерде, қашан ұсынғаны жөнінде анық мағлұматтар болмағанымен Якоба Морененың 1930-шы жылдардағы еңбектерінен еңбектерінен көруге болады. Ол әлеуметтік қатынастарды зерттеуді социометрия деп атап, осы саладағы алғашқы еңбектер жарияланған Sociometry журналының негізін қалады. Сонымен бірге ол желі құрылымының визуализациясы құралы болған социограмманы жасап шығарды. Алғашқы социограмма 1933 жылы «Нью-Йорк таймс» газетінде жарияланды, онда 4-сынып оқушыларының өзара достастық қатынасының желілік диагрраммасы жасалған болатын. Желілерді талдаудың теориясы мен әдістері XX ғасырдың соңғы онжылдығында жасалды, оған әлеуметтану, психология, саясаттану, бизнес, денсаулық саласы және компьютерлік ғылым салалары елеулі үлес қосты. Желі жөніндегі ғылымның тәжірибелік пән ретінде дамуы желілерді талдауға арналған UCINet, STRUCTURE, Negopy және Pajek сияқты әртүрлі программалық құралдардың жасалуына байланысты болды. Соңғы 20–30 жылда желі жөніндегі ғылымның қарқынды дамуын әртүрлі үш себептермен байланыстыруға болады [3].

Біріншіден, математиктер, физиктер және басқа да ғалымдардың ұсынған, желіні және оның құрылымын қалыптастырумен байланысты көптеген ауқымды теориялары, желіні талдау жөніндегі ғылымға көңіл бөлуге мұрындық болды. Екіншіден, есептеу қуаты мен жылдамдығының артуы Интернет, планета тұрғындары, адамның миы сияқты өте үлкен желілерге желіні талдау әдістерін қолдану мүмкіндігін берді. Сонымен бірге, желінің статистикалық теориялары аясындағы пайда болған жаңа тәсілдер алғаш рет аналитиктерге желілік құрылымдар мен процестердің статистикалық модельдерін құру және тестілеу үшін желіні қарапайым сипаттаумен ғана шектелмей, әртүрлі зерттеу тәсіелдерін қолдануға мүмкіндіктер берді [4].

Қазіргі кезде деректерді талдау арқылы оларды визуалдау мүмкіндіктерін кеңінен қолдану ғылымның барлық саласында кеңінен қолданылып отыр. Интернеттен тегін жүктеу және орнатуға болатын R studio ортасы деректерді талдау және визуалдаудың кең мүмкіндіктерін береді [5].

Желі бойынша мамандар үшін негізгі құрал – желіне талдау болып табылады және ол келесі әдістердің жиынының қамтиды: желіні визуалдауға арналған әдістер, желі құрылымының негізгі сипаттамаларын анықтау, сонымен қатар желі ішіндегі жеке түйіндер, топтар және ішкі топтары жөнінде нақты ақпараттар алу, желілік құрылым мен желлілік динамиканың математикалық және статистикалық модельдерін құру. Желі жөніндегі ғылым негізінен өзара байланысқа тәуелді болғандықтан, желілерді талдауда қолданылатын дәстүрлі статистикалық құралдардан өзіндік ерекшеліктері бар [6].

Осы мақалада қолданылатын желілік талдаудың бірқатар белгілеулеріне тоқталып өтейік. Желі нысандарының өазара байланысын анықтау үшін мынадай параметрлер қолданылады.

N = {1, ..., n} түйіндер, төбелері, (агенттер, актерлер, ойыншылар т.с.с, біздің жағдайымызда университеттер)

- қабырғалары, байланыстар, сілтемелер: түйіндер арасындағы байланыстар
- қабырғалар сипаттамаларының бірі интенсивті (салмақты) болуы мүмкін
- Аптасына неше сағат екі адам бірге уақыт өткізеді?
- бір мемлекеттен басқасына қаншалықты шикізат тасымалданады?

Біздің жағдайымызда Нархоз университетінен қанша студент академиялық ұтқырлық бойынша оқыды?

- 0 немесе 1 (салмақсыз) екі мәннің бірі ғана қабылдай алады.
- екі автор бірлестікте мақала жазды ма?
- екі адам кез келген әлеуметтік желіде «достар ма»?
- Олар «бағытталған» немесе «бағытталмаған» болуы мүмкін
- бір веб-парақтан басқасына сілтеменің болуы, мақалада басқа еңбекке сілтеменің болуы, әлеуметтік желідегі жазылу – бір жақты қатынас, бір университеттен ғана студенттердің басқасына барып, ол университпен өзара алмасу болмаған жағдайда бір жақты ғана қатынас болады.

– авторластық, достастық, туыстық қатынас, неке – екі жақты қатынас, біздің жағдайда университеттер арасындағы өзара студенттерді біріне-бірі академиялық ұтқырлық бойынша оқыту мақсатында қабылдау екі жақты қатынас болады.

Сонымен, жоғарғы оқу орындарының студенттердің академиялық ұтқырлығы бойынша өзара байланысын көрсету үшін, қажетті уақыт аралығындағы мәліметтерді электрондық кестеге енгіземіз, программалау ортасында визуалдауға қолайлы түрде форматтаған соң, программалау ортасына жүктейміз. Қажетті параметрлерді тағайындап, программалау тілінің ережелеріне сүйене отырып, визуалдау командасын береміз.

Университетте ұйымдастырылған академиялық ұтқырлық бойынша деректер кестесін соңғы 2014-2015, 2015-2016, 2016-2017 оқу жылындағы мәліметтермен толтырдық. Деректерді визуалдауға ыңғайлы болу үшін, жоғарғы оқу орындарын нөмірлеп аламыз (1-сурет).

ФАЙЛ ГЛАВНАЯ ВСТАВКА РАЗМЕТКА СТРАНИЦЫ ФОРМУЛЫ ДАННЫЕ

1	Нархоз
2	ТГУПБиП
3	БелГУ
4	Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
5	Государственный университет управления, Россия
6	Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО
7	Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова
8	Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова
9	Уральский государственный экономический университет, Россия
10	Университет Отто Фридрих (Германия)
11	Лодзинский университет (Польша)
12	Университет Костал Каролина, США
13	Международная бизнес-школа Solbridge (Южная Корея)
14	Школа менеджмента IESEG, Франция
15	Северо-восточный педагогический университет (Китай)
16	Университет прикладных наук Каринтии (Австрия)
17	Университет Цукуба, Япония
18	Национальный университет Луис, Польша
19	Университет Феррара, Италия
20	Университет Кангнам, Южная Корея
21	ОАНО «Институт мировой экономики и финансов»(РФ)

Сурет 1. Академиялық ұтқырлық жүзеге асырылған жоғарғы оқу орындарының тізімі

Қол жетімді деректерді мысал ретінде талдау арқылы болжамдар жасауға, туындаған мәселелерді шешу жолдарын анықтауға болады.

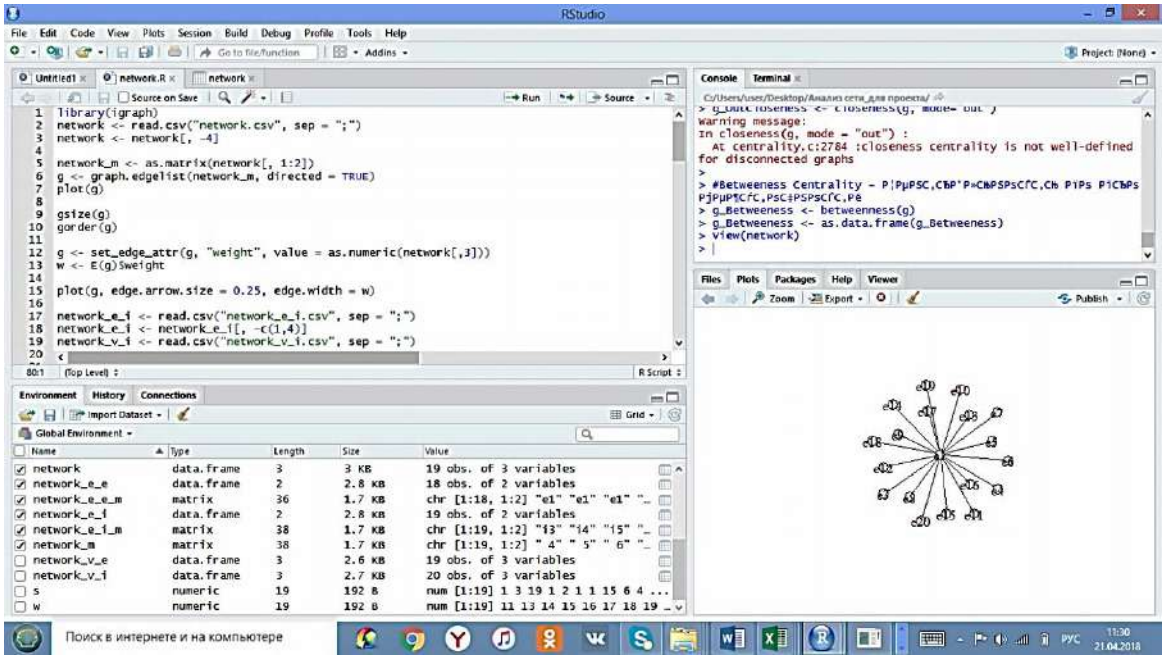
Болон процесі бойынша академиялық ұтқырлықтың «тік» және «көлденең» екі түрі анықталған. Тік ұтқырлық бойынша студенттің академиялық ұтқырлық бойынша академиялық дәрежені толық алуы, көлденең ұтқырлық шектелген уақыт мерзімінде (семестр немесе оқу жылы) оқуы қарастырылады [4].

Біздің жағдайымызда оқу семестрі немесе оқу жылы бойы, яғни «тік» академиялық ұтқырлық талданған. Университеттер арасындағы академиялық ұтқырлық бойынша алмасқан студенттер санын анықтап, оны электрондық кестеге толтырып, csv форматында сақтаймыз. Келесі қадам осы файлды R studio ортасына жүктеп, визуализациялау командасын беру. Қажетті пакеттерді орнатып, кітапханаларды іске қосқан соң, университетер арасындағы құрылған желінің жоғарыда аталып өткен параметрлерін тағайындаймыз. Желідегі түйіндер, олардың арасындағы байланыстарды құрылған графиктен анық көруге болады (2-сурет) .

Нархоз студенттерінің академиялық ұтқырлық нәтижесін талдау бойынша ең жақсы байланыс Венгриядағы Халықаралық бизнес мектеп (61 студент), Оңтүстік Кореядағы Кагнам университетімен (43) орнатылғанын көрсетті.

Шетелдік жоғарғы оқу орындарынан Нархоз университетіне академиялық ұтқырлық бойынша Ош мемлекеттік университеті мен (40), Тәжікстаннның қаржы –экономикалық университетінен (37)

студенттердің көп келетіндігі анықталды. Япония, Америка құрама штаттары, Корея, Венгриямен студент алмасуды жетілдіру керектігін анықтадық.



Сурет 2. R studio ортасында деректерді өңдеу және визуалдау

Сонымен, деректерді талдау және визуалдау нәтижесі бойынша Нархоз университетінің шетелдік жоғарғы оқу орындарымен академиялық ұтқырлық бойынша өзара байланысының біржақты екендігін көрсетті. Соңғы үш оқу жылдағы акаедемиялық ұтқырлықты талдау нәтижесі бойынша Нархоз университетінің 185 студенті 18 шетелдік жоғарғы оқу орындарында білім алса, 19 елден 191 студент біздің университеттен академиялық ұтқырлық бағдарламасы бойынша білім алған. Университет студенттері шетелдік жоғарғы оқу орындарында білім алады, ал ол елдерден біздің мемлекетімізге келіп оқитындар саны өте аз. Бұл мәселенің шешімдерін жолға қоюдың көптеген факторларға байланысты екендігі белгілі.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1 *Vybornova A., Koucheryavy A. Traffic Analysis in Target Tracking Ubiquitous Sensor Networks // Lecture Notes in Computer Science. 2014. Vol. 8638. pp. 389–398.*

2 *Мадьярова Г.А., Нургизаринов А.А. Компьютерлік желіде ақпараттың сапасын қамтамасыз ететін заманауи әдістерді зерттеу.//Статистика, учет и аудит. – 1 (56), 2015.–С.100-105*

3 *Захаров М. В., Киричек Р. В. Применение методов анализа и визуализации данных на примере программного продукта Splunk для повышения эффективности использования устройств Интернета Вещей // Информационные технологии и телекоммуникации. 2017. Том 5. № 3. С. 38–44.*

4 *URL: www.lib.znate.ru*

5 *Герасименко Е. М. Интеллектуальный анализ данных. Алгоритмы data mining. Ростов-на-Дону. 2017. 84 с.*

УДК 002.6-027.21
ГРНТИ 20.01.70

В.Е. Махатова[1], Н.К. Шаждекеева[2], А.Е. Габдулова[3], М.Е. Абдуакасов[4]

[1] к.т. н.,ассоциированный профессор, Атырауский государственный университет им. Х.Досмухамедова , г.Атырау, Казакстан
[2] к.ф.-м. н., доцент Атырауского государственного университета им. Х.Досмухамедова, г.Атырау, Казакстан
[3] старший преподаватель Атырауского государственного университета им. Х.Досмухамедова, г.Атырау, Казакстан
[4]магистрант Атырауского государственного университета им. Х.Досмухамедова , г.Атырау, Казакстан

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНИКОВ В ОБРАЗОВАНИИ

Аннотация

Важнейшей составляющей ЭУИ являются средства наглядности. Но дидактические возможности иллюстративного материала в ЭУИ значительно выше, чем в традиционных учебниках, так как средства мультимедиа позволяют представить их в динамике.

Учебный материал в ЭУИ может быть представлен в полимодальной форме, позволяющей воспринимать информацию по нескольким каналам, что повышает эффективность усвоения знаний. Электронные учебники начинают занимать все большее место в нашей жизни. На сегодняшний день идет активный процесс по созданию электронных учебников в гипертекстовой форме и их внедрения в учебный процесс. Электронный учебник можно, например, определить как совокупность графической, текстовой, цифровой, речевой, музыкальной, видео-, фото- и другой информации, а также печатной документации пользователя. Электронное издание может быть исполнено на любом электронном носителе, а также опубликовано в компьютерной сети.

Ключевые слова: информатизация, управлении, развития личности, электронные учебные издания, web-страницы, сайты, мультимедиа.

Аңдатпа

БІЛІМ БЕРУДЕ ЭЛЕКТРОНДЫ ОҚУЛЫҚТАРДЫ ҚОЛДАНУ

В.Е. Махатова[1], Н.К. Шаждекеева[2], А.Е. Габдулова[3], М.Е. Абдуакасов[4]

[1] т.ғ.к., қауым.профессор, Х.Досмұхамедов атындағы Атырау мемлекеттік университеті, Атырау қ., Қазақстан
[2] ф.-м.ғ.к., Х.Досмұхамедов атындағы Атырау мемлекеттік университетінің доценті, Атырау қ., Қазақстан
[3]аға оқытушы, Х.Досмұхамедов атындағы Атырау мемлекеттік университетінің доценті, Атырау қ., Қазақстан
[4]магистрант, Х.Досмұхамедов атындағы Атырау мемлекеттік университетінің доценті, Атырау қ., Қазақстан

Өскелең, болашағы зор жас ұрпақты талаптары мен оның мақсат, мүдделеріне сай өмір сүруге бейімдей отырып, оқытып, логикалық ой тұжырымдатып, таңғажайып ғылым саласына тартуда пән мұғалімдерінің рөлі зор.Оқушыларға дүниетанымдық сабақ берумен қатар, олардың алған білімін есте сақтау, ойлау қабілетін, тіл байлықтарын, ой-өрісін кеңейтіп, зеректік, іскерлік және табиғат құбылыстарын жеке бақылағыштық, қоршаған ортаға үлкен жауапкершілікпен қарайтын сезімдерін жетілдіреді.

Оқушылардың қазіргі заман талабына сай жерсерік арнасы арқылы қашықтан оқыту және электрондық оқулықтарды пайдаланып, қоғамдық пәндерге деген қызығушылығын арттыру — әрбір мұғалімнің міндеті. Әрине, электронды оқулықтарды қолданудың әсері мол. Осы талаптарды жүзеге асырудың бірінші талабы оқушының компьютерлік біліктілігіне байланысты.

Білім беру мен бақылауды автоматтандыру электронды оқу басылымын (ЭОБ) қолдану арқылы жүзеге асады.Оқу үрдісінде, білім сапасын арттыруда электронды оқу басылымын қолдану көрнекі әрі тиімді.

Түйін сөздер: Ақпараттандыру, менеджмент, жеке даму, электрондық оқу басылымдары, веб-беттер, веб-сайттар, мультимедия.

Abstract

APPLICATION OF ELECTRONIC TEXTBOOKS IN EDUCATION

Makhatova V.Ye[1], Shazhdekeyeva N.K. [2], Gabuldulova A.Ye [3], Abduakasov M.Ye [4]

[1]Cand.Sci. (Pedagogic), Associate Professor, Kh. Dosmukhamedov Atyrau State University, Atyrau, Kazakhstan
[2]Cand.Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor, Kh. Dosmukhamedov Atyrau State University, Atyrau, Kazakhstan
[3]Senior Lecturer, Kh.Dosmukhamedov Atyrau State University, Atyrau, Kazakhstan
[4]student of Master Program, Kh.Dosmukhamedov Atyrau State University, Atyrau, Kazakhstan

Visual aids are the most essential component of the ESI. However, the didactic possibilities of the illustrative material in the ESI are much higher than in traditional textbooks since multimedia tools allow us to present it dynamically.

The educational material in the ESI can be presented in a polymodal form, which allows us to perceive information through several channels, which increases the effectiveness of knowledge management. Electronic textbooks are beginning to take an increasing place in our lives. There is an active process of creating electronic textbooks in hypertext form and their implementation in the educational process. An electronic textbook can, for example, be defined as a collection of graphics, text, digital, voice, music, video, photo, and other information, as well as printed user documentation. The edition can be executed on any electronic medium and published on a computer network.

Keywords: Informatization, management, personal development, electronic educational publications, web pages, websites, multimedia.

Современный мир характеризуется высоким уровнем информатизации. Информационные технологии проникают во все сферы жизни человека, в том числе в образование. Внедрение информационных технологий в процесс обучения студентов в высших учебных заведениях позволяет использовать инновационные инструменты, а это приводит к появлению новых возможностей. Информатизация образования – это важная составляющая стратегии развития образовательных процессов, что проявляется в повышении их качества, развитии мотивации студентов. Под информационными технологиями понимается «не что иное, как самый современный способ и механизм для сбора, обработки, анализа, хранения, распространения и применения информации о различных предметах, объектах и явлениях» (1). Современное образование отличается высокой степенью информационной насыщенности. Этим обусловлена актуальность применения информационных технологий при изучении иностранных языков в высшей школе. Необходимость новых методов обучения приводит к появлению уникальных электронных изданий, которые вбирают в себя теоретическую информацию, практические задания, фото- и аудиоматериалы.

Использование электронных учебных пособий в образовательном процессе вуза позволяет более глубоко изучить материал, ознакомиться более подробно с интересующими или трудными темами. Богатый и красочный иллюстративный материал в электронном пособии позволяет наглядно продемонстрировать теоретическую информацию во всем ее многообразии и комплексности. При использовании электронных учебных пособий происходит не только репродуктивная деятельность студентов, но и абстрактно-логическая, что способствует лучшему осознанию и усвоению учебного материала.

Процесс информатизации характеризует современный период развития информационного общества. Одним из приоритетных направлений процесса информатизации современного общества является информатизация образования – внедрение средств новых информационных технологий в систему образования [1]. Это сделает возможным:

– совершенствование механизмов управления системой образования на основе использования автоматизированных банков данных научно–педагогической информации, информационно-методических материалов, а также коммуникационных сетей;

– совершенствование методологии и стратегии отбора содержания, методов и организационных форм обучения, соответствующих задачам развития личности обучаемого в современных условиях информатизации общества;

– создание методических систем обучения, ориентированных на развитие интеллектуального потенциала обучаемого, на формирование умений самостоятельно приобретать знания, осуществлять информационно–учебную, экспериментально – исследовательскую деятельность, разнообразные виды самостоятельной деятельности по обработке информации;

– создание и использование компьютерных тестирующих, диагностирующих, контролирующих и оценивающих систем.

Электронные учебные издания (ЭУИ) — термин используется как в рабочей документации, так и в официальных документах – рекомендациях по присвоению грифа Министерства образования Республики Казахстан.

Электронные учебные издания и ресурсы - более широкое понятие. Разница между «изданиями» и «ресурсами» к настоящему времени нигде не зафиксирована. Некоторые «ресурсы» не могут быть «изданы» на отчуждаемых материальных носителях и (или) не нуждаются в таком «издании». К «ресурсам» относятся, например, web-страницы, сайты и базы данных, размещенные в Интернете [2].

На современном этапе внедрения новых информационных технологий в процесс обучения, необходимым является развитие и совершенствование современных методов использования электронных учебных изданий на уроках информатики. При проектировании и разработке ЭУИ в настоящий момент используются разнообразные виды представления заданий, чтобы показывает

практически безграничные возможности использования компьютерного программного обеспечения в учебном процессе. При программированном контроле знаний в ЭУИ используются: задания открытой формы, задания на установление соответствия, задания на установление правильной последовательности и другие.

Внедрение обучающих программ в учебный процесс на любом этапе учебной деятельности влияет как на традиционные методы ведения урока, так и на методы изложения материала. Задача учителя - правильно организовать эту работу.

На эффективность обучения и усвоения нового материала существенное влияние оказывают следующие особенности, реализованные в ЭУИ.

Важнейшей составляющей ЭУИ являются средства наглядности. Но дидактические возможности иллюстративного материала в ЭУИ значительно выше, чем в традиционных учебниках, так как средства мультимедиа позволяют представить их в динамике.

Учебный материал в ЭУИ может быть представлен в полимодальной форме, позволяющей воспринимать информацию по нескольким каналам, что повышает эффективность усвоения знаний. При помощи мультимедийных средств создаются дополнительные психоло¬гические структуры, способствующие восприятию и запоминанию информации. Звуковое сопровождение, являясь характерной особенностью ЭУ (в отличие от печатных изданий), позволяет реализовать дополнительные психологические приемы, посредством которых можно оказывать управляющее воздействие на процесс познания обучаемого [3].

В ЭУИ учебный материал представляется в яркой, увлекательной мультимедийной форме, которая способствует его глубокому усвоению. ЭУП, в которых в полном объеме реализуются дидактические возможности мультимедиа, будем называть мультимедийными учебными пособиями (ММУП), тем самым, подчеркивая роль мультимедийных технологий при создании высококачественных электронных пособий.

ЭУИ представляет собой не электронный вариант записи учебников, книг, тем она, скорее, не источник, не получа¬тель, не обработчик информации, не хранитель печатных знаков, интерпретируемых нами, а генератор новых форм коммуникативной активности человека.

В результате такой работы рождается новая схема позна¬ния и освоения материала, которая коренным образом отлича¬ется от схемы чтения текста, слушания или чтения лекции. Жест, указание курсором «мыши» становится смыслообразующим фактором общения, и обучение происходит за счет выравнивания текста, «картинки» из библиотечных окон. Читается при этом уже не текст, а гипертекст.

В этих условиях на первое место в образовании выходит необходимость внедрения новых принципов преподавания, основанных на обучении правилам навигации в огромном океане информации, относящейся ко всем учебным дисциплинам. Целью работы должна быть не компьютеризация, а информатизация образования, когда обучаемому становятся доступными огромные объемы информации, недоступные ранее.

Использование электронных учебных изданий возможно на всех этапах обучения на уроке информатики. Наиболее приспособленный для этих целей кабинет информатики, способствует более широкому и эффективному использованию ЭУИ, как при объяснении, закреплении так и при проверке знаний умений и навыков учащихся.

При использовании ЭУИ на уроках информатики не следует оставлять без внимания такую важную, на наш взгляд, функцию, как осуществление контроля и усвоения знаний при помощи компьютерных средств. Наибольшую популярность в последнее время в ЭУИ приобрел тестовый контроль знаний, успешно реализуемый практически во всех программных продуктах учебного назначения [4].

Тестовый контроль отличается от других методов контроля (устные и письменные экзамены, зачеты, контрольные работы и т.п.) тем, что он представляет собой специально подготовленный контрольный набор заданий, позволяющий надежно и адекватно оценить знания обучающихся посредством статистических методов. Все вышеуказанные преимущества тестового контроля, в том числе с использованием компьютеров, могут быть достигнуты лишь при использовании теории педагогических тестов, которая сложилась на стыке педагогики, психологии и математической статистики.

Как правило, в ЭУИ, тестовые задания оцениваются по пятибалльной системе, обучаемому предоставляется фиксированный объем заданий с несколькими вариантами ответа. И мы, внедряя

электронные учебные издания в учебный процесс, максимально используем их на наших занятиях [5].

Сейчас, когда идет повсеместное внедрение средств новых информационных технологий в среднюю школу и образовательный процесс вообще, остро ощущается нехватка методических рекомендаций по непосредственному использованию ЭУИ на уроках в сельских средних школах. Для усиления эффективности этого процесса необходимо наличие развитого и многоцелевого банка компьютерных программных средств учебного назначения, на основе которого будут строиться новые подходы к обучению с применением НИТ. Актуальность этого вопроса продиктована самой ситуацией в средней школе.

Применение электронного учебника усиливает активность каждого студента, повышает его заинтересованность в изучении иностранных языков. Самостоятельная работа с электронным учебником или работа в учебной аудитории позволяет научить студента ориентироваться в информационном пространстве, находить решение каких-либо проблем. Использование современных методов обучения студентов в вузах, а именно – электронных учебников, улучшает качество знаний, ускоряет процесс получение информации. Рациональное применение электронных средств образования при изучении английского языка способствует увеличению лексического запаса, позволяет студентам формировать языковые компетенции и повышает их мотивацию к получению новых навыков и умений.

Обладая ЭУИ, компьютерной техникой, техническими средствами обучения, электронными досками, мультимедийными проекторами и пр. учителя информатики, в большинстве своем, отдают предпочтение традиционным методам ведения урока, оставляя не использованными богатейшие возможности, предоставляемые ЭУИ и других программных продуктов обучающего назначения.

Список использованной литературы

1 Подласый И.П. Педагогика / И.П. Подласый. – М: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2003. –- 567с.

2 Карлащук В.И. Обучающие программы / В.И. Карлащук. – М.: Солон-Р, 2001.-527с.

3 Кузнецов, А.А. Современный курс информатики от концепции содержанию/ А.А. Кузнецов //Журн. Информатика и образование – 2004. – №2. – с.2-6.

4 Беляев М.И. Из опыта создания электронных учебников. Институт международных программ Российский университет дружбы народов

5 Теория и практика создания образовательных электронных изданий. – М.: Изд-во РУДН, 2003.

6 Закирьянов Н.К. Методологические и педагогические основы процесса профессионального становления студентов уни- верситета в условиях многоступенчатой системы образования. – Алматы,

7 Қараев Ж.А. Оқытуда компьютерлік технологияны пайдалану // Информатика. Физика. Математика. – - № 3.- 3–6-б.

8 Мәлібекова М.С. Ақпараттық технологиялар: Оқу құралы. – Қарағанды, 2000. – 60-б.

УДК 004.43
ГРНТИ 20.01

Т.Ш. Миркасимова [1], Ж.Н. Абилханова [2]

[1,2] Нархоз Университеті, аға оқытушы, Алматы қ., Қазақстан

АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯ САЛАСЫНДАҒЫ ПРОГРАММАЛАУ ТІЛДЕРІНІҢ ДЕҢГЕЙІ

Аңдатпа

Бүгінгі таңда еліміздің дамуының бірден-бір жолы ақпараттық технологияларды қолдану арқылы жаңа инновацияларды енгізу болып табылады. Ақпараттық технологияларды дамыту үшін әрине ақпараттық технология мамандарының саны мен сапасын көтермей іске асыру мүмкін емес. Аталған мақалада ақпараттық технология мамандарының қай программалау тілін көбірек қолданатынын және де ең танымал деп алуға болатыны талдап көрсетілген. Әр программалау тілінің өз қолданылу аясы бар екені белгілі. Алайда олардың кейбіреулері басқаларға қарағанда жиі пайдаланылады. Аталған мақалада бүгінгі таңдағы ең танымал ақпараттық технология мамандарының тізімдері жасала отырып, олардың программалау тілдері арасындағы байланыс желісі құрылды. Жинақталған мәліметтерге сүйене отырып, R программалау тілі арқылы байланыс графикасы құрастырылды.

Түйін сөздер: ақпараттық технология, программалау тілдері, R программалау тілі, JavaScript, Java, Python, SQL, CSS.

Аннотация

Миркасимова Т.Ш.[1], Абилханова Ж.Н.[2]
[1,2]Нархоз Университеті, старший преподаватель, г.Алматы, Казахстан

УРОВЕНЬ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ЯЗЫКОВ В СФЕРЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Сегодня единственным способом развития нашей страны является внедрение новых инноваций с использованием информационных технологий. Разумеется, для развития информационных технологий невозможно реализовать без увеличения количества и качества ИТ-специалистов. В этой статье обсуждается, какие языки программирования наиболее широко используются ИТ-специалистами и могут считаться самыми популярными. Известно, что каждый язык программирования имеет свою собственную область. Однако некоторые из них часто используются больше, чем другие. В этой статье перечислены самые популярные специалисты в области информационных технологий сегодня и создана сеть связи между их языками программирования. Основываясь на накопленных данных, коммуникационная графика была разработана с использованием языка программирования R.

Ключевые слова: информационные технологии, языки программирования, язык программирования R, JavaScript, Java, Python, SQL, CSS.

Abstract

LEVEL OF PROGRAMMING LANGUAGES IN THE SPHERE OF INFORMATION TECHNOLOGIES

Mirkasimova T.Sh.[1], Abilkhanova Zh.N.2[2]
[1,2] Senior Lecturer, Narhoz University, Almaty, Kazakhstan

Today, the only way to develop our country is to introduce new innovations using information technology. Of course, for the development of information technology can not be realized without increasing the number and quality of IT professionals. This article discusses which programming languages are most widely used by IT professionals and can be considered the most popular. It is known that each programming language has its own area. However, some of them are often used more than others. This article lists the most popular specialists in the field of information technology today and created a network of communication between their programming languages. Based on the accumulated data, communication graphics were developed using the programming language R.

Key words: information technologies, programming languages, programming language R, JavaScript, Java, Python, SQL, CSS.

Қазақстан мемлекетінің дамуын ынталандырудың бірден-бір жолы алдыңғы қатарлы ақпараттық технологияларды қолдану арқылы жаңа инновацияларды енгізу болып табылады. Соған орай «Қазақстан-2050» стратегиясы мен «Ақпараттық Қазақстан-2020» бағдарламалары жұмыс істеуде.

Дегенмен, бұл шараларды ақпараттық технология мамандарының саны мен сапасын көтермей іске асыру мүмкін емес. Сонымен қатар, бүгінгі күні олардың дайындық сапасына қатысты сұрақтар да аса маңызды. Технологиялардың қарқынды дамуы жағдайында білім беру бағдарламалары секторының шынайылығына әрдайым бейімделе бермейді, бұл сайып келгенде түлектерге әсер етеді.

Программалау тілдері өте жылдам дамып келеді, жаңа тілдер ескілерді ауыстырады. Әрбір программалау тілінің өз қолдану аясы бар. Алайда олардың кейбіреулері басқаларға қарағанда жиі пайдаланылады. Stackoverflow ресурстары статистикасын қарастырайық. Жыл сайын олар ең танымал программалау тілдері туралы есеп дайындайды. Сауалнамаға бүкіл әлемнің 50 000-нан астам әзірлеушілері қатысады. Динамиканы қадағалау үшін біз 2017, 2016 деректерін жинадық және Google Trends-ден деректерді пайдаландық. Әр программалау тілін қарастырайық және 2018 жылы программалау тілдерін үйрету керек екенін түсінуге тырысамыз.

Javascript - ең танымал программалау тілдерінің бірі. Ол бірнеше жыл қатарынан бірінші орында тұр. Бұл үрдіс жалғасатын динамикадан анық. Бұл жұмыс үстелі, веб және мобильді қосымшаларды жасауға мүмкіндік беретін ең кросс-платформалау тілі. Javascript көптеген ыңғайлы және икемді кітапханаларға ие. Ең танымалдары: React.js. Angular.js және Vue.js.

SQL - деректерді дерекқорда басқару үшін пайдаланылатын программалау тілі. SQL - көптеген веб-сайттар пайдаланатын дерекқорларды жобалау үшін қажет.

Java - Java қаржы және банк саласында өте танымал. Ең алдымен жылдамдық пен қауіпсіздік деңгейіне байланысты. Java-ны әзірлеушілер жетіспегендіктен еңбек нарығында өте жоғары бағаланады. Бұл программалау тілін үйрену өте қиын және жаңадан үйренушілер үшін бұл әрдайым оңай емес. Басқа нәрселермен қатар Android қосымшалары Java-да арнайы әзірленген. Бұл осы тілдің маңызды танымалдығының негізгі себебі.

C # - ең озық және ыңғайлы программалау тілдерінің бірі. Бұл Microsoft .NET платформасының негізгі дамыған тілі. C # Java-ға өте ұқсас, бірақ бірнеше артықшылықтары бар. C# тілін үйрену Java-дан да қиынырақ екендігін айта кету керек. Бұл жаңадан бастағандар үшін ең жақсы таңдау емес.

Python – бүгінгі күнге дейін PHP тілі өте танымал болып келді. Бірақ бүгінгі таңда Python-ның танымалдығы күннен күнге артуда. Қазіргі кезде Python жас программалаушылардың сеніміне ие болды деп айтуға болады. Ол көптеген артықшылықтарға ие. Ең алдымен бұл қысқа және түсінікті. Осылайша, Python – жаңадан үйренушілерге арналған тамаша бастама. Ыңғайлы код құрылымы жобаны әзірлеуді жеңілдетеді және оларды одан әрі қолдайды. Бизнес үшін бұл шығындарды азайтады. Python - өсу динамикасын көрсететін бірнеше сервер тілдерінің бірі.

PHP - сервер бөлігі үшін ең көп қолданылатын программалау тілі. Статистикаға сүйенсек, PHP 240 миллиондай сайтты пайдаланады. PHP икемділігі мен өнімділігі жақсы. Ол кішігірім бизнес-сайттар үшін, сондай-ақ жоғары жүктемесі бар ірі жобалар үшін пайдаланылуы мүмкін. Негізгі кемшіліктер - жұмыс үстелі қосымшаларын және серверлік компоненттерді жасау қабілетінің жетіспеушілігі. Сервер программалау тілдерінің көпшілігі сияқты, ол өзінің танымалдылығын жоғалтуда.

C++ - ең күрделі программалау тілдерінің бірі. Жаңадан келген адамның түсінуіне қиындық тудырады және оның көпшілігі оған аулақ болуға тырысады. Бірақ онымен C ++ жоғары өнімділікке ие. Бұл кез-келген мақсатқа арналған программалар мен программаларды жасауға мүмкіндік береді. TypeScript - Microsoft әзірлеген. Қысқа уақыт аралығында ол танымал болды. TypeScript - Javascript негізделген икемді және өнімді программалау тілі. TypeScript негізін қалаушылар көп күш жұмсады және өнімділікті және ыңғайлылықты жақсарту үшін жаңа шешімдерді қосады.

Ruby - объектілі-бағдарланған программалау тілі. Ол Rails жүйесімен бірге веб-әзірлеуде қолданылады. Ruby - өте жоғары деңгейдегі тіл. Оның қарапайым және таза синтаксисі бар. Ruby жақсы масштабталуды және жеңіл техникалық қызмет көрсетуді қамтамасыз етеді. PHP сияқты, бұл электрондық коммерция платформаларын дамытуға мүмкіндік береді. Негізгі жетіспеушілігі құжаттаманың нашарлығы және танымалдылығының баяу өсуі.

Тілдердің танымалдығы әр түрлі факторлармен бағаланады. GitHub ең танымал программалау тілдерінің рейтингін сұранымдар саны бойынша жариялады. Онда үлкен мөлшерде JavaScript 2,3 миллион сұраныммен келеді, ал келесі Python үшін - 1 миллион. Сондай-ақ, алғашқы бесеуі - Java, Ruby және PHP. JavaScript-тің танымалдығы әмбебаптығымен түсіндіріледі. Тілді барлық браузерлер қолдайды, ол үстелдік компьютерлер мен мобильді платформаларға арналған бағдарламалар үшін жазылған.

Танымалдықты бағалаудың бірнеше параметрлерін ескеретін рейтингтер бар. TIOBE мамандардың саны, оқыту курстары, тәуелсіз провайдерлер және іздеу сұрауларын ескереді. Мұнда бес көшбасшыны атап өтуге болады: Java, C, C ++, C #, Python. Тек олардың артында JavaScript.

Қажет болған жағдайда, қажетті жерде керекті уақытта тілді білу кез келген әзірлеушіге, оның ішінде веб-әзірлеушіге арналған табыстың компоненттерінің бірі болып табылады.

Әр программалау тілінің өз қолданылу аясы бар. Алайда олардың кейбіреулері басқаларға қарағанда жиі пайдаланылады. Қандай программалау тілін ақпараттық технология мамандары көбірек қолданатынын және де ең танымал деп алуға болатынын талдап көрелік. Ол үшін бірнеше ақпараттық технология мамандары мен программалау тілдері арасындағы байланыс желісі құрылды. Алдымен бүгінгі таңдағы ең танымал ақпараттық технология мамандарының тізімдері жасалды.

Әр ақпараттық технология мамандарының қолданатын программалау тілдері зерттелді. Зерттеу бойынша ақпараттық технология мамандарының қолданылатын программалау тілдерінің кестесі құрастырылды (1-кесте).

Кесте 1. Ақпараттық технология мамандарының қолданатын программалау тілдерінің тізімі

Мамандықтар	**Программалау тілдері**					
Data Scientist	R	Java	Python		SQL	SAS
Веб-құрастырушы	JavaScript	HTML	CSS	PHP	SQL	Ruby
Мобильді құрылғылар қосымшасын құрастырушы	Java	JavaScript	CSS	Objective C	C#	C++
Киберқауіпсіздік	Python	ASM	PHP	Perl		
Java программист	Java	JavaScript	MS SQL	Oracle	J2EE	

PHP программист	PHP	MySQL	SVN	REST	Nginx	
Oracle мәліметтер қорын басқарушы	Java	Oracle	SQL	Perl		
C# программист	C#	JavaScript	SQL	CSS	HTML	Ajax
Python программист	Python	JavaScript	HTML	CSS	PHP	
Data Engineer	Python	R	Spark	Perl		
Робототехник	Java	C++	MATLAB	ROS	Arduino	
.NET құрастырушы	C#	JavaScript	MVC	WPF	NHibernate	

Жоғарыдағы кесте мәліметтеріне сүйене отырып, R программалау тілі арқылы ақпараттық технология мамандары мен программалау тілдерінің желісі құрастырылды. Алдымен программалау тілдерінің желісі құрылды. Бүгінгі таңдағы ең танымал 28 программалау тілі таңдап алынды (2-кесте).

Кесте 2. Программалау тілдері

1	Java	**8**	HTML	**15**	Perl	**22**	Arduino
2	JavaScript	**9**	CSS	**16**	SAS	**23**	Spark
3	PHP-	**10**	SQL	**17**	Ajax	**24**	ASP.MVC
4	Python	**11**	Ruby	**18**	MySQL	**25**	NHibernate
5	C++	**12**	Objective C	**19**	J2EE	**26**	MVC
6	C#	**13**	R	**20**	REST	**27**	WPF
7	Oracle	**14**	MATLAB	**21**	Nginx	**28**	ASM

Ақпараттық технология мамандарының желісі құрастырылды (3-кесте).

Кесте 3. Ақпараттық технология мамандарының желісі

№	**Мамандықтар**
S1	Data Scientist
S2	Веб-құрастырушы
S3	Мобильді құрылғылар қосымшасын құрастырушы
S4	Киберқауіпсіздік
S5	Java программист
S6	PHP программист
S7	Oracle мәліметтер қорын басқарушы
S8	C# программист
S9	Python программист
S10	Data Engineer
S11	Робототехник
S12	.NET құрастырушы

Құрылған программалау тілдері мен ақпараттық технология мамандарының желісі бойынша екеуінің байланысы анықталды (4-кесте).

Кесте 4. Программалау тілдері мен ақпараттық технология мамандарының байланыс желісі

spes	**ур**	**spes**	**ур**	**spes**	**ур**
S1	13	**S5**	1	**S9**	8
S1	4	**S5**	19	**S9**	9
S1	10	**S5**	18	**S9**	4
S1	16	**S5**	7	**S9**	2
S1	1	**S5**	2	**S9**	3

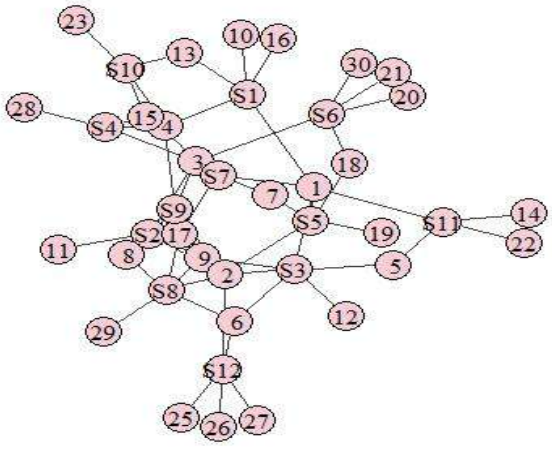
S2	8	**S6**	3	**S10**	4
S2	9	**S6**	18	**S10**	13
S2	2	**S6**	30	**S10**	23
S2	3	**S6**	20	**S10**	15
S2	17	**S6**	21	**S11**	5
S2	11	**S7**	7	**S11**	1
S3	1	**S7**	17	**S11**	14
S3	9	**S7**	1	**S11**	22
S3	12	**S7**	15	**S12**	26
S3	2	**S8**	6	**S12**	27
S3	6	**S8**	17	**S12**	6
S3	5	**S8**	2	**S12**	2
S4	4	**S8**	29	**S12**	25
S4	28	**S8**	8		
S4	3	**S8**	9		
S4	15				

R - статистикалық деректерді өңдеу және графика үшін программалау тілі, сондай-ақ GNU жобасының шеңберіндегі есептеудің ашық кодтарымен еркін программалық ортасы. R статистикалық және сандық әдістердің кең ауқымын қолдайды және пакеттердің көмегімен жақсы кеңеюге ие. R деректерді талдау үшін статистикалық бағдарламалық қамтамасыз ету ретінде кеңінен қолданылады және іс жүзінде статистикалық бағдарламалардың стандарты болып табылады.

R функциясының бір ерекшелігі математикалық белгілерді қамтуы мүмкін жоғары сапалы графика жасау мүмкіндігін қамтитын графикалық мүмкіндіктер болып табылады.

R-мен жұмыс істеу ыңғайлы болу үшін RStudio, JGR, RKWard, SciViews-R, Statistical Lab, R Commander, Rattle сияқты графикалық интерфейстері бар.

R программалау тілі арқылы құрылған программалау кодымыздың нәтижесін графика түрінде көре аламыз. Графика арқылы көретініміз ең көбірек қолданылатын программалау тілдері графиканың ортаңғы бөліктеріне қарай шоғырланған. Сирек қолданатын программалау тілдері шеткі аумақтарға қарай орналасқан.



Сурет 1. Ақпараттық технология мамандары мен программалау тілдерінің байланысу графикасы

Қорыта келгенде, жүргізген сараптамамызға сай, құрастырылған желі бойынша ақпараттық технология мамандарының қолданысындағы программалау тілдерінің ішінен JavaScript тілі бірінші орында екені анықталды. Одан кейін: Java, Python, SQL, CSS программалау тілдері өз орындарын тапты.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1 Роберт И. Кабаков "R в действии. Анализ и визуализация данных в программе R" ДМК Пресс, 2014, 588 с.

2 Орлов С.А. «Теория и практика языков программирования». Учебник для вузов. 2-е изд. Стандарт 3-го поколения. Издательский дом «Питер», 2017.

3 Брайан У. Керниган, Деннис М.Ритчи. Язык программирования С. Издательский дом «Вильямс», 2017, 288с.

4 Мастицкий С., Шитиков В. Статистический анализ и визуализация данных с помощью R. ДМК Пресс, 2015. - 496с.

5 Шипунов А.Б., Балдин Е.М., Волкова П.А., Коробейников А.И., Назарова С.А., Петров С.В., Суфиянов В.Г. Наглядная статистика. Используем R! ДМК Пресс, 2014. - 298 с.

6 Роберт И. Кабаков. R в действии. Анализ и визуализация данных на языке R. ДМК Пресс, 2014. – 588 с.

7 Мастицкий С.Э. Визуализация данных с помощью ggplot2. - М.: ДМК Пресс, 2016. 222 с.

8 Шитиков В., Розенберг Г. Рандомизация и бутстреп:статистический анализ в биологии и экологии с использованием R. - Тольятти: Кассандра, 2013. - 314 с.

УДК 004.1:378
ГРНТИ 20.01.45

Г.И. Муратова[1], Е.Х. Жабаев[2]

[1]Х.Дулати атындағы ТарМУ п.ғ.к, доценті, Тараз қ., Қазақстан
[2] Х.Дулати атындағы ТарМУ аға оқытушысы, Тараз қ., Қазақстан

WEB-ҚЫЗМЕТТЕРІ АРҚЫЛЫ СТУДЕНТТЕРДІҢ ӨЗІНДІК ЖҰМЫСЫН ҰЙЫМДАСТЫРУ

Аңдатпа

Жоғары технологияның өсуі мен өзгеру процесінің динамикасы, кәсіби ортадағы ақпараттық байлықты нығайту, кәсіби қызметке жаңа ақпараттық технологияларды белсенді енгізу кез-келген кәсіби салада болашақ мамандарды оқытуды ұйымдастыру мен мазмұнына тікелей әсер етеді. Қазақстан Республикасының білім беру саласындағы реформасының шешуші рөлі - білім беру сапасын арттыру. Оқу үрдісінің сапасын жоғарылатудың бірі студенттердің өзіндік жұмысын ұйымдастыру болып табылады. Қазақстан Республикасының мемлекеттік білім беру стандарттарына сәйкес студенттердің өз бетінше атқаратын жұмыстарының саны кредиттік оқыту технологиясына сәйкес көбейеді. Бүгінде еңбек нарығындағы коммуникативтік дағдылармен, өз іс-әрекеттерін тиімді жоспарлау қабілетімен, білімді өз бетінше алуға және оларды стандартты емес жағдайларда қолдана алатын мамандар сұранысқа ие. Мақалада web-қызметтерін пайдалана отырып студенттердің өзіндік жұмыстарын жетілдіру арқылы білім сапасын арттыру жолдары сипатталады.

Түйін сөз: web-қызметтер, әлеуметтік желілер, оқыту сапасы, білімгердің құзыреттілігі, өзіндік жұмысы, интерактивті білім беру ресурстары, қашықтықтан оқыту.

Аннотация

Г.И. Муратова[1], Е.Х. Жабаев[2]
[1] к.п.н., доцент ТарГУ имени Х.Дулати, г.Тараз, Казахстан
[2] старший преподаватель ТарГУ имени Х.Дулати, г.Тараз, Казахстан

ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ЧЕРЕЗ WEB-СЕРВИСЫ

Динамичность процесса роста и смены наукоемких технологий, усиление информационной насыщенности профессиональной среды, активное внедрение новых информационных технологии в профессиональную деятельность оказывают непосредственное влияние на организацию и содержание подготовки будущих специалистов фактически любой профессиональной сферы. Решающее значение в проводимой реформе образования РК имеет повышение качества образования. Одним из условий повышения качества образовательного процесса является организация самостоятельной работы студентов. Согласно государственному стандарту образования РК при кредитной технологии обучения увеличивается объем самостоятельной работы, выполняемой студентами. Сегодня на рынке труда востребованы специалисты обладающие коммуникативностью, способностью эффективно планировать свои действия, самостоятельно добывать знания и самостоятельно уметь применять их в нестандартных ситуациях. В статье описаны пути повышения качества обучения через совершенствование самостоятельной работы студентов с применением web-сервисов.

Ключевые слова: веб-сервисы, социальные сети, качество обучения, компетенции студентов, самостоятельная работа, интерактивные образовательные ресурсы, дистанционное обучение.

Abstract

Muratova G.I. [1], Jabayev Ye.Kh.[2]
[1] Cand.Sci. (Pedagogic), Associate Professor, Kh.Dulaty Taraz State University, Taraz, Kazakhstan
[2]Senior Lecturer, Kh.Dulaty Taraz State University, Taraz, Kazakhstan

ORGANIZATION OF THE INDEPENDENT WORK OF STUDENTS THROUGH WEB SERVICES

The dynamism of the growth and change of high technologies, the strengthening of the information richness of the professional environment, and the active introduction of new information technologies in professional activities directly impact the organization and content of training future professionals in virtually any professional sphere. The decisive role in the ongoing education reform of the Republic of Kazakhstan is to improve the quality of education. One of the conditions for improving the quality of the educational process is the organization of independent work of students. According to the state standard of education of the Republic of Kazakhstan, the amount of independent work performed by students increases with the credit technology of education. Today, specialists in the labor market demand communication skills, the ability to effectively plan their actions, independently obtain knowledge, and apply it in non-standard situations. The article describes ways to improve the quality of learning by enhancing students' independent work with web services.

Keywords: web services, social networks, quality of education, student's competencies, independent work, interactive educational resources, distance learning.

Әлемдегі қазіргі қарқынды ғылыми-инновациялық және әлеуметтік-экономикалық даму жағдайы білім беру жүйесіне де көптеген өзгерістер алып келді. Бүгінгі күннің даму жағдайындағы ғылым мен техниканың жылдам дамымалы ақпараттық қоғамға бейімделіп қана қоймай, қоғамды дамытуға өз үлесін қоса алатын құзыретті, бәсекеге қабілетті маман дайындау ЖОО маңызды міндетіне айналып отыр.

Қазіргі уақытта тез өзгеріп жатқан әлемнің талаптарына және қажеттіліктеріне бейімделе алатын, өз бетінше дербес жаңа білім мен дағдыларды меңгеріп, шешім қабылдай алатын мамандарға сұраныс туады. Бұл мәселенің ұтымды шешімдерінің бірі жалпы оқыту сағат көлемінің жартысынан астамы берілген студенттердің өзіндік жұмысының сапасын арттыру болып табылады. Бұл ғылыми технологиялық даму кезеңіне баламалы жаңа ақпараттық технологияларын пайдалану арқылы жүзеге асыруға болады. Білім беруде жаңа ақпараттық технологияларды заманауи оқыту түрлері мен әдістеріне біріктіре отырып белсенді пайдалану практиканы ұйымдастыруда өзгерістердің болуын болжайды. Студенттердің өзіндік жұмыстарымен оларды дайындау сапасын арттыруды, құзыреттілік тәсілмен оқу үрдісін жетілдіруде қазіргі заманауи интернет-технологиялардың мүмкіндіктерін қарастырайық. Жаңа буынның білім беру стандарттарын жүзеге асыру және оқу процесінің сапасын арттыру аясындағы заманауи білім беру жүйесінің өзекті мәселелерінің бірі студенттердің өзіндік жұмысын ұйымдастыру болып табылады.

Интернет-ресурстарын білім беруде қолдану, пайдаланушыларға отандық және шетелдік ақпарат көздеріне қол жеткізуді қамтамассыз етеді және әртүрлі жас топтарға оқу түрі мен орнын, білім деңгейін таңдауға мүмкіндік береді. Оқу орындарының, баспалардың, білім беру орталықтарының және компаниялардың ресурстарына, сондай-ақ жаңалықтарды тарату мен желілік білім беру қауымдастығының материалдары мен блогтарына қол жетімділікті қамтамасыз ететін өзара байланысқан білім беру сайттар мен порталдар, осы мақсатта құрылған жүйені веб-қызметтер дейміз.

Әлеуметтік web-қызметтер - бұл топтардың өзара әрекеттесуін қолдаушы, заманауи құралдар мен желілік бағдарламалық қамтама болып табылады (қатысушылардың өзара байланысы мен жеке іс-әрекеттері). Білім берудегі web-қызметтерді пайдаланудың маңызды ерекшелігі - бірлесіп құру және ресурстарды пайдалану. Әлеуметтік қызметтер және желілік қауымдастықтағы топтық іс-шаралар педагогикалық практикаға келесі мүмкіндіктерді ашады.

- ашық, тегін және еркін электронды ресурстарды пайдалану;
- өз бетінше желілік оқу мазмұнын құру, интернетте материалдарды жариялау;
- ақпараттық құзыреттілікті меңгеру;
- қоғамдастық қатысушылардың, бірлескен қызметі мен басқа адамдармен ынтымақтастық қызметін бақылау.

Әлеуметтік желіні білім беру ортасында пайдаланудың келесі артықшылықтарын ерекшелеуге болады:

1. Білім алушылар үшін таныс орта
2. Әлеуметтік желіде адам өз аты жөнімен орындайды

3. Wiki технологиясы желідегі барлық қатысушыларға желілік оқу контентін жасауға мүмкіндік береді
4. Бірлесіп жұмыс жасауға мүмкіндігі
5. Қабырғаларда, чатта, форумда болуы
6. Электронды дәптер ретінде әрбір қатысушы студент өзінің жеке блогын құруға
7. Қатысушылардың белсенділігін достардың лентасы арқылы бақылау
8. Жоба жүргізу үшін қолдануға ыңғайлы
9. Студенттер үшін де, оқытушылар үшін де портфолио ретінде сәйкес келеді.

Виртуалды оқу топтарында форумдар мен вики технологияларды қолдану барлық пайдаланушыларға өз бетінше немесе бірлесіп желілік оқыту контентін құруға және қолдануға мүмкіндік береді, бұл өзіндік танымдық жұмыстарын ынталандырады. Жеке және топтық жұмыс формаларын біріктіру бұл материалды терең түсінуге және меңгеруге, сондай-ақ жеке оқу траекториясын үйлестіруге мүмкіндік береді. Оқу үдерісінің барлық қатысушыларына арналған коммуникативті кеңістік, нәтижелерін және жұмыс процестерін ұжымдық бағалауға, әр қатысушының дамуына мониторинг жүргізуге және ұжымдық шығармашылыққа қосқан үлесін бағалауға мүмкіндік береді. Оқу шеңберінен тыс, қарым-қатынастың жоғары деңгейін үздіксіз оқу үрдісін қамтамассыз етеді.

Білім берудің сапасы мен тиімділігін қамтамасыз ету үшін әдістер мен оқу сценарийлерін құру қажеттілігіне байланысты, өздерінің қажетті білімін алу үшін студенттердің өзінше ізденуі мен ғылыми-зерттеу жұмыстарын ұйымдастыруына бағытталған, олар алған білімін соншалықты жаңғыртуға емес. Қашықтықтан оқытудың түрі студенттердің жұмысын тиянақты және бөлшектеп жобалауға, есептерді және оқытудың мақсатын айқын қоюға, қажетті оқу материалдарына қолжетімділікке, студент пен оқытушының арасында интерактивті және топтық білім беруге мүмкіндіктерді ұсынады. Пәнді меңгеру үшін оқытушы қашықтықтан оқыту курсын дайындайды, студенттермен хат алмасу жұмысын жүргізеді, сұрақтарына жауап береді, жұмыстың орындалғанын тексереді және қадағалайды, қажет болған жағдайда қосымша материалдарды береді. Осының нәтижесінде оқытушы студенттердің жеке мүмкіншіліктері мен дарындылығына қарай белсенді оқу ортасын құрады.

Осыған байланысты интернет-технологиялар осындай ауқымды мүмкіншіліктерге ие (әлеуметтік желі, білім беретін порталдар, вики, блогтар және т.б.). Интерактивті білім беру ресурстары да студенттердің өзіндік жұмысын ұйымдастыруда белсенді қолданысқа ие, мысалы, LearningApp сервистік қызметтің көмегімен құрылған (web-қызмет электронды оқыту ресурстары құруға арналған). Сайтта кез келген есептің құрылымына қарай құруға болатын, тек тескттерден емес, сонымен қоса аудио және видео роликтер мен суреттерден тұратын ондаған шаблондардың түрлері бар. Осындай есептер студенттердің қызығушылығын оятады, интерактивті қарым қатынас студенттер алған материалдардың меңгеру деңгейіне және орындалу есептеріне өздері баға беруіне мүмкіндік береді.

Тиімді кері байланыстың болуы студенттің білмегеннен білімге қарай дұрыс бағытта екендігі туралы ақпарат алуға мүмкіндік береді, ол жаңа буынға білім беру стандартын іске асыру шеңберінде оқытудың тиімділігі мен сапасын едәуір арттырады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1 Семенова В.Г. Самостоятельная работа студентов как важнейшая форма организации учебного процесса в рамках компетентностной модели образования //Организация самостоятельной работы студентов: материалы докладов II Всероссийской научно-практической интернет-конференции. Саратов: Новый Проект, 2013. С. 10–15.

2 Патаракин Е.Д. Социальные сервисы Веб 2.0 в помощь учителю / Е.Д. Па-таракин – 2-е изд., испр. – М: Интуит.ру, 2007. – 64 с.

3 Рекомендации по организации самостоятельной работы студентов. URL: www.isuct.ru/umo/orgproc10.html.

4 Патаракин Е.Д. Социальные взаимодействия и сетевое обучение 2.0 / Е.Д. Патаракин. – М.: НП «Современные технологии в образовании и культуре», 2009. – 176 с.

УДК 378
ГРНТИ 14.35.07

Ж.К. Нурбекова,[1] Г.И.Аймичева [2]

[1] д.п.н., профессор, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г.Астана, Казахстан
[2] докторант, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

ПРИНЦИПЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТНОГО ПОДХОДА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ЛОГИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Аннотация

Статья посвящена рассмотрению принципов деятельностного подхода при обучении проектированию мобильных приложений. Проектирование мобильных приложений рассматривается как умственная деятельность, оперирующая известными логическими операциями, как абстрагирование, анализ и синтез, индукция и дедукция, сравнение, обобщение и классификация. При деятельностном подходе обучаемый должен быть активным участником учебно-познавательной деятельности, в результате которой происходит становление его сознания и его личности в целом. С этой целью необходимо использовать проблемное обучение, метод проектов, интерактивное обучение с использованием цифровых образовательных ресурсов. Использование данных методов обеспечит необходимый уровень мотивации студентов, активное вовлечение студентов в реальный процесс через взаимодействие со средой разработки мобильных приложений. Такая методика поможет более эффективно организовать необходимую умственную деятельность студентов по проектированию мобильных приложений и подготовить их к самостоятельной творческой деятельности.

Ключевые слова: проектирование мобильных приложений, логические методы, принципы деятельностного подхода, организация обучения.

Аңдатпа

Ж.К. Нурбекова [1], Г.И. Аймичева [2]

МОБИЛЬДІ ҚОСЫМШАЛАРДЫ ЖОБАЛАУДАҒЫ ЛОГИКАЛЫҚ ҚҰЗЫРЕТТІЛІКТІ ҚАЛЫПТАСТЫРУДЫҢ ӘРЕКЕТТІК ТӘСІЛДІҢ ҚАҒИДАЛАРЫ

[1] п.ғ.д., профессор, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
[2] докторант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

Мақала мобильді қосымшаларын жобалауды оқыту кезінде әрекеттік тәсілдің принциптерін қарауға арналған. Мобильді қосымшаларды жобалау абстракциялау, талдау және синтез, индукция және дедукция, салыстыру, жалпылау және жіктеу сияқты белгілі логикалық операциялармен жұмыс істейтін ақыл-ой әрекеті ретінде қарастырылады. Әрекеттік тәсілді қолдану кезінде білім алушы оқу-танымдық әрекеттің белсенді қатысушысы болуы қажет және соның нәтижесінде оның сана-сезімі мен тұлға ретінде қалыптасуы жүзеге асырылады. Осы мақсатта проблемалық оқытуды, жобалар әдісін және цифрлық білім беру ресурстарын қолдану арқылы интерактивті оқытуды қолдану қажет. Аталған әдістерді қолдану студенттерді ынталандырудың қажетті деңгейін, мобильді қосымшаларды жасау ортасымен өзара әрекет ету арқылы студенттердің нақты үрдіске белсенді араласуын қамтамасыз етеді. Бұл әдістеме студенттердің мобильді қосымшаларды жобалау бойынша қажетті ақыл-ой әрекетін тиімді ұйымдастыруға және оларды өзіндік шығармашылық қызметке дайындауға көмектеседі.

Түйін сөздер: мобильді қосымшаларды жобалау, логикалық әдістер, әрекеттік тәсілдің қағидалары, оқытуды ұйымдастыру.

Abstract

PRINCIPLES OF THE ACTIVE APPROACH IN FORMATION OF THE LOGICAL COMPETENCE TO DESIGN MOBILE APPLICATIONS

[1] Zh.K. Nurbekova, [2] G.I. Aimicheva
[1] Dr. Sci. (Pedagogic), Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
[2] doctoral students, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

The article is devoted to considering the principles of the activity approach when teaching the design of mobile applications. The design of mobile applications is considered a mental activity that operates with known logical operations, such as abstraction, analysis and synthesis, induction and deduction, comparison, generalization, and classification. The learner must be an active participant in educational and cognitive activity, as a result of which the

formation of his consciousness and his personality as a whole takes place. To this end, it is necessary to use problem learning, project-based learning, and interactive learning using digital educational resources. Using such methods will provide the necessary level of motivation for students and active involvement of students in the real process through interaction with the mobile application development environment. Such a technique will help to more effectively organize the necessary mental activity of students to design mobile applications and prepare them for self-study creative activity.

Keywords: designing mobile applications, logical methods, principles of the activity approach, organization of training.

В связи со стремительным развитием мобильных устройств и проникновением их во все сферы жизнедеятельности человека, в том числе и в образование, разработка мобильных приложений является актуальной областью изучения [1]. Будущие учителя информатики должны уметь использовать мобильные приложения в профессиональной деятельности как средство и как объект обучения, что обуславливает необходимость обучения учителей информатики процессу проектирования мобильных приложений.

Проектирование мобильных приложений – это умственная деятельность, которая оперирует понятиями и приемами объектно-ориентированного анализа и проектирования мобильных приложений с помощью известных логических операций, как абстрагирование, анализ и синтез, индукция и дедукция, сравнение, обобщение и классификация. При проектировании мобильных приложений необходимо учитывать, с одной стороны, ограниченность ресурсов мобильных устройств, такие как ограниченность объема памяти, пропускной способности, размера экрана, ориентированности на отклик мобильного приложения, потребление энергии и, с другой стороны, увеличение объема и скорости передачи данных в мобильных приложениях. Данный аспект проектирования мобильных приложений обуславливает необходимость оптимального управления памятью, определения способа организации и доступа к данным и, в конечном счете, решением таких проблем как мобильная виртуализация, Big Data. В связи с этим, актуальным является вопрос формирования логической компетенции по проектированию мобильных приложений у будущих учителей информатики.

Формирование логической компетенции по проектированию мобильных приложений у будущих учителей информатики целесообразно осуществлять с позиции деятельностного подхода. Такая необходимость обусловлена природой самого понятия компетенция, элементами которой помимо знаний, являются умения, навыки и опыт, освоение которыми происходит через деятельность. Студентам нужно овладеть не только декларативными знаниями («Что?»), но и процедурными («Как?»). Кроме того, сам процесс проектирования мобильных приложений, как было отмечено выше, – это умственная деятельность, освоение которой должно происходить в ходе целенаправленной учебно-познавательной деятельности.

В основе деятельностного подхода лежит учебно-познавательная деятельность, в качестве субъекта и объекта которой выступает обучаемый и его мыслительная деятельность, а основными элементами являются цель, способ действия, результат, контроль и рефлексия [2]. Обучаемый должен быть активным участником учебно-познавательной деятельности, в результате которой происходит становление его сознания и его личности в целом [3].

Согласно «Конусу обучения» Брюса Хайленда (рис.1) реальная работа и имитация реального опыта обеспечивают активное вовлечение студентов в учебно-познавательный процесс и формирование остаточных знаний на уровне 90% [4].

Согласно Д. Дьюи основными принципами деятельностного подхода в обучении являются [5]:

- учёт интересов учащихся;
- учение через обучение мысли и действию;
- познание и знание как следствие преодоления трудностей;
- свободная творческая работа и сотрудничество.

Руководствуясь принципами Дж. Дьюи, «Конусом обучения» Брюса Хайленда и исследованиями отечественных и зарубежных ученых [6-8], целесообразно при формировании логической компетенции по проектированию мобильных приложений использовать проблемное обучение, метод проектов, интерактивное обучение с использованием цифровых образовательных ресурсов. Использование данных методов обеспечит необходимый уровень мотивации студентов, активное вовлечение студентов в реальный процесс через взаимодействие со средой разработки мобильных приложений. Такая методика поможет более эффективно организовать необходимую умственную

деятельность студентов по проектированию мобильных приложений и подготовить их к самостоятельной творческой деятельности.

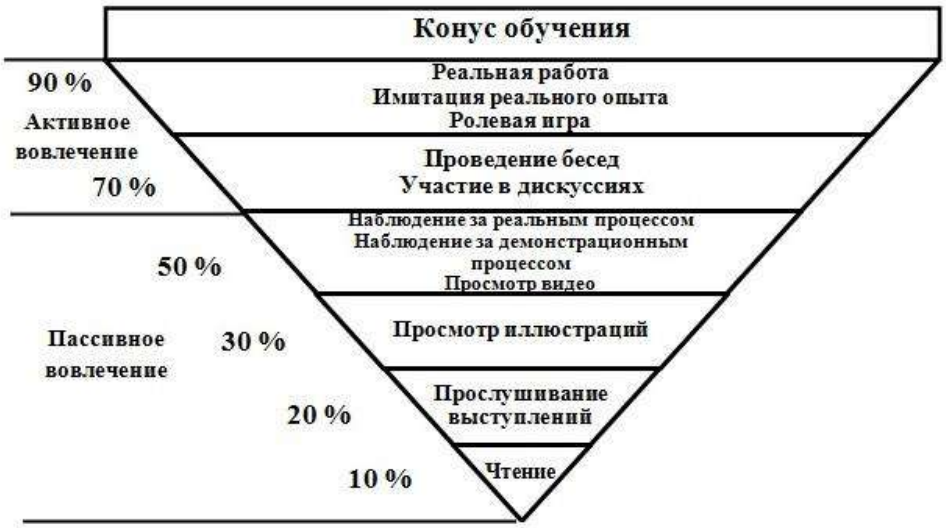


Рисунок 1. Конус обучения Брюса Хайленда

Рассмотрим основные этапы проектирования мобильных приложений и логические методы, выполняемые на соответствующих этапах (табл.1).

Таблица 1. Необходимые логические действия при проектировании мобильных приложений

Этапы	Учебные действия	Логические действия
Постановка задачи	Формализация требований к мобильному приложению. Определение исходных данных.	Абстрагирование, анализ.
Определение архитектуры мобильного приложения	Выделение уровней абстракции. Идентификация классов и объектов данного уровня абстракции.	Анализ, синтез, обобщение, классификация
Разработка дизайна интерфейса мобильного приложения	Определение классов и объектов, их свойств и иерархии.	Анализ, синтез, обобщение, классификация.
Разработка бизнес-логики приложения	Определение состояний и переходов мобильного приложения.	Анализ, синтез, сравнение, классификация, дедукция.
Определение модели данных	Определение структуры и способов доступа к данным.	Анализ, обобщение, сравнение
Программирование. Оптимизация кода для повторного использования	Реализация алгоритмов классов. Использование паттернов, замыканий и механизмов языка программирования для адаптации программного кода к повторному использованию.	Анализ, синтез, обобщение, сравнение, индукция, дедукция.
Тестирование и отладка	Исправление ошибок в программном коде.	Анализ, синтез, сравнение
Оценка	Определение соответствия мобильного приложения с требованиями задачи	Анализ, сравнение

Как видно из таблицы проектирование мобильных приложений связано с выполнением логических действий с абстрактными категориями – объект, класс, состояние, являющихся наиболее трудными для понимания студентов. Данную проблему можно преодолеть при условии правильно организованной учебно-познавательной деятельности.

Разработка мобильных приложений осуществляется в среде Xcode на языке программирования Swift, который являясь мультипарадигмальным языком программирования сочетает в себе принципы объектно-ориентированного, функционального и реактивного подходов к программированию. Основными компонентами при этом являются «объект» и «класс», а основными логическими методами, применяемыми при проектировании мобильных приложений, являются абстрагирование, анализ и синтез, индукция и дедукция, обобщение и классификация. Благодаря логическим методам можно реализовать четкую иерархию классов, структуру данных и логику мобильного приложения,

влияющих на эффективность мобильного приложения.

Рассмотрим обучение проектированию мобильных приложений с соблюдением принципов деятельностного подхода и в качестве основы используем предложенную В.С. Лазаревым схему формирования действия [9] (рис.2):

Рисунок 2. Схема формирования действия (по В. Лазареву)

Данную схему можно использовать как для организации всей познавательной деятельности студентов по проектированию мобильных приложений, так и отдельных действий на определенных этапах проектирования мобильных приложений. Как видно из схемы, действия должны быть целенаправленными, контролируемыми, корректируемыми и оцениваемыми либо студентом, либо преподавателем.

Цель должна быть задана преподавателем и должна обеспечивать мотивацию студентов. Для этого формулировка задачи должна носить проблемный характер, что повышает заинтересованность студентов к процессу проектирования мобильных приложений. Следует отметить, что разработка мобильных приложений является популярным направлением в мире и обеспечивает высокий уровень мотивации студентов. Анкетирование студентов первого курса факультета информационных технологий Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева показало 100% мотивацию к изучению проектирования мобильных приложений.

Для повышения мотивации студентов можно использовать методику последовательного обучения «от простого к сложному», что позволит создать «эффект успеха» и мотивировать к освоению более сложных материалов. Например, студентам дается задание разработать мобильное приложение – «Тестировщик». Простым вариантом будет приложение, которое хранит данные о вопросах и вариантах ответов локально в виде массива данных. Далее задача усложняется путем выделения данных в отдельную базу данных, которая хранится на удаленном сервере, что обеспечивает экономию памяти мобильного устройства. В этом случае студент должен реализовать запросы к базе данных и выполнить интерпретацию результатов запроса, для дальнейшего отображения на экране приложения.

Общая схема занятия на основе деятельностного подхода может иметь следующий вид (рис.3):

В ходе проведения педагогического эксперимента было обучено более 60 студентов и 20 молодых преподавателей факультета информационных технологий Евразийского национального университета им.Л.Н.Гумилева. Наблюдение показало, наиболее приемлемыми организационными формами являются индивидуальная и работа в мини-группах. При этом каждое занятие делится на теоретическую и практическую части. На теоретической части занятия демонстрируется архитектура мобильного приложения, уровни абстракции, объекты и классы, разбираются алгоритмы их создания в ходе демонстрации готовых приложений. В ходе практической работы обучаемые создавали мобильные приложения, тестировали их и выполняли отладку совместно с преподавателем. В ходе самостоятельной работы обучаемые разрабатывали собственные проекты мобильных приложений, разбившись на мини-группы.

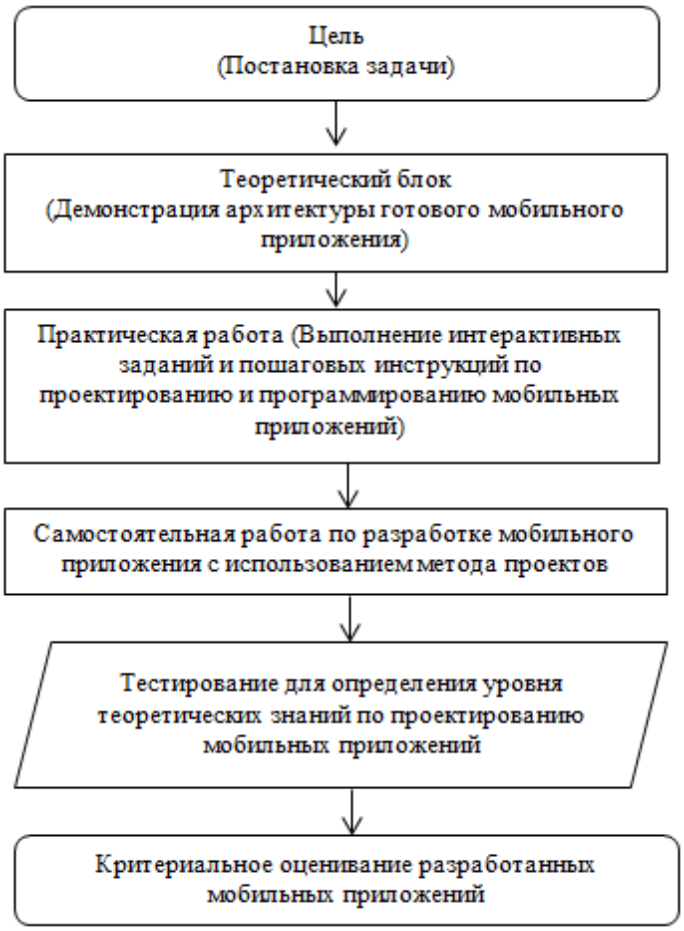


Рисунок 3. Схема занятия на основе деятельностного подхода

Таблица 2. Критерии оценивания достижений обучающихся по разработке мобильных приложений

Этапы оценивания	Критерии
Достаточность знаний в области проектирования, отладки и представления учебного проекта	Понимание задания
	Корректность алгоритма решения задачи
	Логика мобильного приложения
	Техническое исполнение (программный код)
	Дружественность, удобство и интуитивная понятность интерфейса (Юзабилити)
	Стиль оформления приложения
Способность осуществлять индивидуальную и групповую творческую деятельность	Слаженная работа в группе
	Распределение ролей в группе
	Степень самостоятельности работы группы
Защита работы	Качество доклада

Разработанные мобильные приложения оценивались по 100-бальной критериальной системе (таб.2), которая учитывала такие параметры как удобство и продуманность визуального интерфейса, логику приложения, работу в команде и умение демонстрировать и защищать готовые проекты. Средняя оценка приложений самими студентами составила 97%. Средняя оценка приложения преподавателем составила 94%. Средняя оценка стороннего независимого эксперта – 96%.

Механизм критериального оценивания собственных работ помогает студентам осуществлять проектирование мобильных приложений более корректно, способствует развитию рефлексии, самоанализу собственных действий, что является важным аспектом деятельностного подхода.

Таким образом, соблюдение принципов деятельностного подхода способствует формированию у студентов требуемых умений и способностей решать практические задачи по проектированию мобильных приложений, творчески мыслить и критически анализировать информацию. Результаты данного исследования могут быть использованы в дальнейшем для построения модели формирования логической компетенции и подбора наиболее подходящих средств и методов обучения.

Список использованной литературы

1 Jeffrey Voss, j. Bret Michael and Michiel van Genuchten.2012. The Mobile Software App Takeover. IEEE Software, 29(4) p.25-27, July/August 2012

2 Давыдов В.В. Теория развивающего обучения. М., 1996.

3 Леонтьев А. Н. Деятельность, сознание, личность. - М., 1975.

4 Кийосаки Р. Заговор богатых / Пер. с англ. С.Э. Борич. - Минск: Попурри, 2013. - 352 с.

5 Дьюи Дж. Школа будущего. – М.: Госиздат, 1926.

6 Нурбекова Ж.К. Теоретико-методологические основы обучения программированию: монография. Павлодар, 2004. 225 с.

7 I.-C. Hung et al. Communicating through body: a situated embodiment-based strategy with flag semaphore for procedural knowledge construction. Education Tech Research Dev (2015) DOI 10.1007/s11423-015-9386-5

8 Barsalou, L. W. (2008). Grounded Cognition. Annual Review of Psychology, 59(1), 617–645. doi:10.1146/59.103006.093639.

9 Лазарев, В.С. Концептуальная модель формирования профессиональных умений у студентов //Вестник Сургутского государственного педагогического университета. – 2011. – № 2 (13). – С. 5–13.

УДК 002:004.056
ГРНТИ 81.93.29

Т.Г. Плотникова[1]

[1]доцент Алматинского филиала Санкт-Петербургского Гуманитарного университа профсоюзов, г.Алматы, Казахстан

ВОЗМОЖНОСТИ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ: ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР

Аннотация

Эксперты и профессионалы в области ИБ считают, что главная и самая непредсказуемая угроза информационной безопасности сегодня – человеческий фактор. Для защиты информации производители предлагают клиентам новейшие разработки с элементами искусственного интеллекта и машинного обучения, а сервис-провайдеры – все более персонализированные услуги. В статье рассматриваются различные методы защиты информации с учётом человеческого фактора. Грамотное сочетание основных методов способно многократно увеличить безопасность корпоративных данных и не допустить саму возможность случайных утечек данных или намеренного разглашения конфиденциальной информации. Предлагаемые организационные методы – обучение пользователей правилам информационной безопасности, мониторинг и разграничение прав доступа, шифрование данных, внедрение DLP-систем при комплексном подходе могут обеспечить надёжную защиту.

Ключевые слова: информационная безопасность, защита информации, методы защиты, человеческий фактор, пользователь.

Аңдатпа

Т.Г. Плотникова[1]

АҚПАРАТТЫ ҚОРҒАУ КӨМЕК: АДАМ ФАКТОРЫ

Санкт-Петербургтың гуманитарлық кәсіподақтар университеті, Алматы филиалының доценті, Алматы қ., Қазақстан

Ақпараттық қауіпсіздік саласындағы сарапшылар мен мамандар бүгінгі таңда ақпараттық қауіпсіздіктің негізгі және ең болжанбайтын қаупі адам факторы болып табылады деп санайды. Ақпаратты қорғау үшін, өндірушілер тұтынушыларға жасанды интеллект және машина жасау элементтерімен соңғы жаңалықтарды ұсынады, ал қызмет көрсетушілер - барынша дербес қызметтер. Мақалада ақпарат қорғаудың әртүрлі әдістері адам факторын ескере отырып қарастырылады. Негізгі әдістердің құзыретті тіркесімі корпоративтік деректердің қауіпсіздігін бірнеше рет көтеруі және деректердің кездейсоқ кетуіне немесе құпия ақпараттың

қасақана ашылуына жол бермеуі мүмкін. Ұсынылатын ұйымдастырушылық әдістер - пайдаланушыларды ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз ету ережелеріне оқыту, қол жеткізу құқықтарын мониторингілеу және шектеу, деректерді шифрлау, DLP-жүйесін кешенді тәсілмен енгізу сенімді қорғауды қамтамасыз ете алады.

Түйін сөздер: ақпараттық қауіпсіздік, ақпарат қорғау, әдістерін қорғау, адам факторы, пайдаланушы.

Abstract

INFORMATION PROTECTION HELP: HUMAN FACTOR

Plotnikova T.G.
Associate Professor of the Almaty branch of Saint Petersburg University of Humanities and Social Sciences, Almaty, Kazakhstan

Experts and professionals in information security believe that the primary and most unpredictable threat to information security today is the human factor. To protect information, manufacturers offer customers the latest developments with elements of artificial intelligence, machine learning, and service providers - increasingly personalized services. In the article, various information protection methods are considered, considering the human factor. A competent combination of basic methods can repeatedly increase corporate data security and prevent the possibility of accidental data leaks or deliberate disclosure of confidential information. The proposed organizational methods - training users on the rules of information security, monitoring and delineation of access rights, data encryption, and implementing the DLP system in an integrated approach can provide reliable protection.

Keywords: information security, protection of information, method of protection, human factor, user.

С момента изобретения письменности человечество стало переносить различную информацию на материальные носители. Практически сразу возникла проблема защиты этих данных. Одним из востребованных способов было шифрование с помощью криптограмм, также разрабатывались способы защиты передаваемых секретных сообщений от перехвата и подмены. Люди придумали много способов защиты бумажных документы от копирования и редактирования (изменения). Часть из них используется и для защиты документов в электронном виде.

Общемировые траты на обеспечение информационной безопасности (ИБ), по оценке исследовательской и консалтинговой компании Gartner, к концу 2017 года превысят $86 млрд. А еще через год компании потратят на защиту данных минимум 93 млрд [1].

Для защиты информации производители предлагают клиентам новейшие разработки с элементами искусственного интеллекта и машинного обучения, а сервис-провайдеры – все более персонализированные услуги.

С точки зрения информационной безопасности «слабое звено» и наиболее вероятная внутренняя угроза – пользователь, который регулярно обращается к ресурсам и данным в корпоративной сети. Согласно результатам исследования IBM и Ponemon Institute, в 74% инцидентов роковую роль сыграла именно ошибка пользователя [2].

Люди случайно или намеренно, под давлением или в результате незнания правил ИБ передают конфиденциальную информацию, наносят компании прямой финансовый ущерб и провоцируют косвенные потери. В результате перед службами безопасности встала задача по оценке и прогнозированию рисков, построению эффективной защиты и предупреждению инцидентов.

Рассмотрим различные методы защиты информации с учётом человеческого фактора.

Устойчивость системы защиты информации во многом зависит от осведомленности и ответственности пользователей.

Для правильной организации защиты информации прежде всего необходимо провести аудит, чтобы определить уровни доступа и сценарии работы пользователей с документами и файлами. В небольших фирмах следить за привилегиями и управлять правами доступа ко всем ресурсам и программам может системный администратор.

Для мониторинга прав в средних компаниях лучше воспользоваться централизованными инструментами, которые сканируют корпоративную сеть и автоматически определяют превышение полномочий или потенциально опасные действия пользователей с информацией. Таким инструментом служат, например, SIEM (Security Information and Event Management)-системы. В крупных компаниях рекомендуется еще более глубокая автоматизация аудита прав с помощью специализированных инструментов класса IDM (Identity Management System). Внедрение и сопровождение IDM-решений чаще всего уникальный процесс, который учитывает особенности конкретной отрасли и каждого конкретного заказчика. Главным принципом мониторинга является ежедневный аудит всех объектов доступа. Цель заключается в том, чтобы ограничить пользователям

возможность самостоятельно создавать новые объекты и тщательно следить за изменением привилегий доступа к уже созданным объектам.

Необходимо вводить разграничение прав доступа, т.к. чем меньше у пользователя возможностей для умышленного или случайного нарушения, тем выше степень защиты информации. Разграничению прав предшествуют две важные процедуры: составление списка легитимных владельцев критичной информации в компании и определение ресурсов и документов, необходимых для бесперебойного рабочего процесса.

Существует большой выбор инструментов для разграничения прав доступа. Для этого подойдут и средства Active Directory, и Web-сервисы, и встроенные опции приложений – любой современный ИТ-продукт предоставляет возможность тем или иным способом организовать уровни доступа. Необходимо, чтобы разграничение прав пользователей имело цикличный характер. По мере развития компании, изменения бизнес-процессов или штатного расписания неизбежно появляются пользователи с недостаточными или, наоборот, избыточными правами. Поэтому аудит и распределение ролей следует проводить регулярно.

В любой организации всегда есть критичная информация, которую недостаточно защитить, ограничив к ней доступ. Дополнительную защиту чувствительных данных обеспечивают средства криптографии. Шифрование – простой и доступный метод защиты информации. Он обеспечивает безопасное перемещение данных внутри компании и через Интернет, когда сотрудники пересылают информацию по сети, например, обмениваются документами через файл-сервер или рассылают письма. Шифрование защищает от физических угроз, включая кражи или потери ноутбуков, подключаемых устройств, внешних носителей информации. В любой из подобных ситуаций зашифрованные данные оказываются бесполезны для злоумышленников. Линейка криптографических инструментов варьируется от встроенных средств операционной системы и аппаратных сетевых устройств для шифрования трафика до шлюзов шифрования каналов связи и специализированных средств шифрования, например шифрования баз данных. Практически все алгоритмы шифрования надежны и способны защитить данные. Данные, зашифрованные даже самыми простыми средствами криптографии, в подавляющем большинстве случаев останутся недоступны для злоумышленников.

Другая особенность применения метода шифрования связана с влиянием на скорость рабочих процессов. Увлечение шифрованием сверх меры замедляет работу, например, использование чрезмерно криптостойких алгоритмов при копировании информации на внешний носитель может отнять у пользователя в 2–3 раза больше времени, чем использование классических алгоритмов. Адекватная мера шифрования означает выбор в пользу незаметного в работе, быстрого алгоритма без объективных рисков раскрытия данных. С позиции бизнеса нерационально тормозить работу компании сложными криптографическими алгоритмами только ради того, чтобы злоумышленники потратили не десятки, а сотни лет на расшифровку. Поэтому информация на конечных точках чаще всего шифруется либо не очень сложным специализированным софтом, либо встроенными средствами Windows.

В основном защита от копирования и редактирования требуется для рабочих документов в форматах DOCX и PDF.

Самый распространенный и доступный способ защиты электронных документов от несанкционированного доступа заключается в установке пароля на документ или архив. Обычно это делается встроенными инструментами используемых программ. Например, в приложении Acrobat [3] можно ограничить редактирование, копирование содержимого и печать. Но нужно учитывать следующее – сам файл можно копировать, а вот открыть файл можно будет, указав пользовательский пароль. Другой тип пароля (главный) служит для ограничения печати, редактирования и копирования содержимого документа формата PDF.

Другим методом защиты документа является маркировка, когда на текст наносится информация о том, что он имеет особый статус и его нельзя редактировать и копировать. Иногда маркировку делают незаметной, чтобы выявить источник утечки информации, в этом случае в документ ставят маркеры в разных местах и отслеживают, какой вариант «всплывет». Использование специализированных программно-аппаратных комплексов в связке с многофункциональными устройствами позволяет изменять интервалы, размер шрифта индивидуально для каждого экземпляра документа. Такая защита позволяет выявить виновного по факту обнаружения инцидента.

Метод доступа по цифровому ключу основывается на наличии у пользователя физического ключа (флеш-накопителя или SD карты) для расшифровки документа. Файл можно копировать, но копию нельзя открыть без определенного материального носителя. Это решает проблему несанкционированного распространения, но с ограничениями. Во-первых, флешка или SD карта стоит денег, и, во-вторых, нужно обеспечить доставку этого предмета до пользователя, что увеличивает стоимость и затрудняет обмен документами в оперативном режиме. В-третьих, пользователю всегда придется иметь этот ключ при себе, и, в-четвертых, любая техника имеет свойство ломаться пользователю обдумать вариант замены в случае поломки.

Система управления правами доступа используется для корпоративных пользователей на базе службы управления правами Active Directory (AD RMS). Документы, защищенные AD RMS, шифруются, а автор может устанавливать разрешения для тех, кто получит доступ к файлам.

Перечисленные методы имеют свои достоинства и недостатки. Производители систем защиты документов постоянно работают над тем, чтобы соединить сильные стороны в одном решении.

Наиболее рациональным является такой комбинированный вариант защиты, при котором предоставляется доступ к документу по ключу, отправляемым по электронной почте или с помощью SMS-сообщения, управление правами доступа через Интернет, чтобы можно было предоставлять и отзывать доступ к файлу в режиме реального времени, отображение на документе специальных меток для обозначения особого режима распространения, а также привязка к уникальному материальному носителю.

В качестве уникального материального носителя можно использовать компьютер или мобильное устройство пользователя, например, операционная система и процессор имеют собственные серийные номера, которые нельзя подделать. Это позволит контролировать количество копий защищенного документа.

Управление правами доступа через интернет обеспечивают технические средства защиты авторских прав (DRM) – «программные или программно-аппаратные средства, которые намеренно ограничивают либо затрудняют различные действия с данными в электронной форме (копирование, модификацию, просмотр и т.п.) либо позволяют отследить такие действия. DRM представляет собой набор систем контроля и управления доступом.» [4].

При создании пароля задаются параметры доступа: на скольких устройствах можно открыть документ, сколько времени доступ будет действовать, возможно ли оперативно отозвать доступ. При активации пароля начинают действовать все заданные ограничения.

Метки сами по себе не обеспечивают защиту, но позволяют детектировать утечку по цифровому отпечатку, так как для каждого пользователя формируется уникальная комбинация цифр и букв, отображаемых на документе.

В настоящее время существует несколько профессиональных решений на базе комбинированных методов для защиты электронных документов от копирования и редактирования.

Профессиональный онлайн-сервис для защиты документов SFContent.com [5], включает DRM, привязку к устройству пользователя, водяные метки и серийные номера (вместо паролей). Это решение позволяет обеспечить защиту от копирования и редактирования для документов в форматах PDF, DOCX и ряда других.

Разработчики сервиса SFLetter.com [6] создали не только инструмент для надежной защиты документов от копирования и редактирования, но и полноценную электронную почту, чтобы пользователь был уверен, что данные при пересылке не были искажены.

Сервис «Универсальный Конвертер Документов» [7] преобразует любые документы в файлы формата PDF или графические файлы, работая на принципе технологии виртуальной печати. С помощью этой программы можно подготовить документы к публикации на веб-сайте, защитить их от копирования и изменений при отправке по электронной почте, снизить затраты на разработку и внедрение системы корпоративного документооборота.

С помощью уникального сервиса StarForce Content [8] можно самостоятельно защитить электронные документы и отслеживать их распространение в режиме реального времени. Открыть документ можно только с помощью специальной программы, созданной StarForce, и серийного номера, сгенерированного на сайте сервиса. При этом распространение защищенных файлов возможно на любых носителях информации и через интернет.

Сервис StarForce Content представляет собой не только систему защиты, но и средство контроля распространения защищенного документа. Защищенный продукт можно распространять как на

оптических дисках (CD и DVD), так и на любых других носителях (флешках, внешних жестких дисках), в том числе и через интернет. В зависимости от канала распространения различаются и методы защиты от копирования.

Таким образом, разнообразные современные способы защиты электронных документов защита документов от копирования и редактирования всегда накладывает ограничения на использование. При выборе конкретного варианта защиты важно учитывать необходимость баланса между удобством, защищенностью и стоимостью.

При всех достоинствах шифрование не защищает от главной внутренней угрозы – человеческого фактора. У пользователей есть доступ к ресурсам «ключи» от зашифрованных файлов. Чтобы обезопасить корпоративную информацию от инсайдерской активности, следует использовать контентный анализ

Контентный анализ отвечает на вопросы, с какой информацией работает пользователь и является ли эта информация (конкретный документ или файл) критичной для компании. Для этого нужно провести «инвентаризацию» файлов и документов, которые хранятся в папках общего доступа и на жестких дисках пользовательских компьютеров, в базах данных, корпоративных NAS (сетевых хранилищах), SharePoint, Web-серверах и других объектах информационной системы. Требуется такой инструмент, который обнаружит информацию ограниченного доступа в любом месте корпоративной инфраструктуры. Данную задачу лучше других решают DLP системы с функцией контроля данных «в покое» (Data at Rest).

Человеческий фактор в информационной безопасности является одним из ключевых. С одной стороны, он источник возможных угроз информационной безопасности, а с другой – именно мониторинг поведения легитимных пользователей в информационной системе позволяет выявить возможные несанкционированные действия. Так, например, можно сделать вывод о том, что в случае сильного изменения поведения пользователя его учетные данные могут быть скомпрометированы и от его имени работает кто-то посторонний. Такое изменение поведения также может указывать и на нарушения, связанные с умышленными действиями сотрудника. Именно возможности профилирования и анализа активности пользователей и объектов ИТ-инфраструктуры реализованы в относительно новом сегменте рынка систем защиты, который получил название «средства поведенческого анализа пользователей и сущностей» – UEBA (User and Entity Behavioral Analytics) [9].

UEBA-решения могут быть реализованы в виде отдельных продуктов либо в виде расширений для уже существующих систем.

С точки зрения архитектуры механизмы UEBA похожи на решения, предназначенные для мониторинга событий информационной безопасности (SIEM), и даже некоторые производители называют их NGSIEM (Next Generation SIEM). Они состоят из агентов, которые собирают информацию о действиях пользователей, единого хранилища, куда эти сведения собираются из всех источников, и аналитического модуля, который выполняет анализ событий, возможно, в реальном времени и с реакцией на наиболее опасные действия по заранее заданным правилам. Иногда в качестве агента и даже хранилища сведений о действиях пользователей могут выступать сторонние системы, такие как DLP, IDM, SIEM или другие. Таким образом, достаточно часто анализ поведения пользователей – это модуль, который использует инфраструктуру другого приложения для получения данных, но дает ему сигналы о выявленной подозрительной активности.

Необходимо отметить, что сейчас методики обнаружения подозрительного поведения активно развиваются в связи с появлением доступных технологий машинного обучения и искусственного интеллекта, которые могут самостоятельно, без предварительного обучения выявлять аномальное поведение пользователей и резкое изменение стиля их работы, что вызывает подозрение в компрометации пароля или же попытке доступа к критическим ресурсам без необходимых для этого полномочий. Тем не менее в ряде случаев результаты подобного анализа требуют ручной проверки аналитиком для подтверждения или опровержения гипотезы, выдвинутой системой UEBA. В частности, логично иметь модуль, который давал бы операторам центра реагирования дополнительную информацию о подозрительных действиях пользователей и привлекал их внимание к определенным цепочкам событий.

На сегодняшний день существует большое количество угроз информационной безопасности, которые можно выявить только за счет поведенческого анализа событий, регистрируемых в локальной сети компании. Использование для этих задач решений класса UEBA позволит

предоставить администраторам безопасности эффективный инструмент для выявления атак злоумышленников

Таким образом, защита конфиденциальной информации – цикличный процесс, который в большей степени зависит от организационных, а не технических методов. Обучение пользователей правилам информационной безопасности, мониторинг и разграничение прав доступа, шифрование данных, внедрение DLP-систем – все перечисленные методы обеспечивают надежную защиту только при разумном и комплексном подходе. Грамотное сочетание основных методов способно многократно увеличить безопасность корпоративных данных и не допустить саму возможность случайных утечек данных или намеренного разглашения конфиденциальной информации.

Список использованной литературы:

1 Gartner. Press Release URL:https://www.gartner.com/newsroom/id/3784965 (дата обращения 14.05.2018)

2 Ponemon Institute.The Second Annual Study on the Cyber Resilient Organization: Executive Summary URL: http://info.resilientsystems.com/hubfs/IBM_Resilient_Branded_Content/(дата обращения 13.05.2018)

3 Защита документов PDF с помощью паролей. // URL: https://helpx.adobe.com/ru/acrobat/using/securing-pdfs-passwords.html (дата обращения – 20.05.2018)

4 Технические средства защиты авторских прав. // URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/_Технические_средства_защиты_авторских_прав) (дата обращения – 06.05.2018)

5 Надёжная защита документов. // URL: https://www.sfcontent.com/ru/ (дата обращения – 30.04.2018)

6 Защищённая почта. // URL: https://sfletter.com (дата обращения – .20.04.2018)

7 Универсальный Просмотрщик Документов. // URL:http://www.print-driver.ru/overview (дата обращения – 15.04.2018)

8 Защита от копирования. // URL: http://www.star-force.ru/products/starforce-content/ (дата обращения – 16.04.2018)

9 Виктор Сердюк, Роман Ванерке. Анализируй это // InformationSecurity / Информационная безопасность – 2018. - № 2, С.17-19

УДК 004.62
ГРНТИ 20.23.17

Г.К. Сагитова [1], Г.С. Мухамеджанова [2]

[1,2] Старший преподаватель, Университет «Нархоз», г.Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЕГИОНОВ ПО ПОДДЕРЖКЕ ПРОЦЕССА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО САМООПРЕДЕЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ (из опыта университета «Нархоз»)

Аннотация

В статье рассмотрена деятельность университетов (на примере университета «Нархоз») по формированию у студентов готовности к осознанному профессиональному самоопределению. Актуальность проблемы определена не востребованностью выпускников университетов на рынке труда. В статье раскрывается содержание понятия «профессиональное самоопределение студентов». Обращается внимание на создание центров содействия трудоустройству выпускников вузов как институциональной структуры проектирования профориентационной работы высших учебных заведений. Для этих целей авторы статьи используют такие инструменты как R Studio, OpenRefine. Гибкость языка программирования R, плюс опережающая по отношению к остальным пакетам, разработка алгоритмов для реализации новейших методов представляют пользователю огромные возможности, по обработке статистических данных. Поэтому, авторы использовали инструменты RStudio для визуального представления извлеченных данных.

Ключевые слова: профессиональное самоопределение студентов, программное обеспечение OpenRefine, программное обеспечение Rstudio, получение данных.

Аңдатпа

Г.К. Сагитова [1], Г.С. Мухамеджанова [2]

[1,2] «Нархоз» университетінің аға оқытушы, Алматы қ., Қазақстан

СТУДЕНТТЕРДІҢ ӨЗІН- ӨЗІ КӘСІПТІК АНЫҚТАУ ҮРДІСІН ҚОЛДАУДЫ ЖҮРГІЗЕТІН АЙМАҚТЫҚТАРДЫҢ ҚЫЗМЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

(Нархоз университетінің тәжірибесінен)

Мақалада студенттің өзіндік кәсіби бағытын саналы түрде таңдауды қалыптастыру үшін университет тарапынан атқарылатын жұмыстар («Нархоз» университеті мысалында) қарастырылады. Мәселенің өзектілігі еңбек нарығындағы жоғары оқу орындарының түлектеріне сұраныстың жоқтығы. Мақалада «студенттердің кәсіби бағытта өзін-өзі анықтауы» тұжырымдамасының мазмұны ашылады. Жоғарғы оқу орындарында кәсіптік бағдар беру жұмыстарын жобалау үшін институционалдық құрылым ретінде жоғары оқу орындарының түлектерін жұмысқа орналастыруға жәрдемдесу үшін орталықтарды құру назарға аударылады. Осы мақалада авторлар R Studio, OpenRefine құралдарын пайдаланды. Статистикалық деректерді өңдеу үшін R тілі бағдарламасының икемділігі, басқа пакеттерге қатысты жетекші, жаңа әдістерді енгізу алгоритмдерін әзірлеу пайдаланушыларға зор мүмкіндіктер ұсынады. Сондықтан авторлар алынған деректерді бейнелеу үшін RStudio құралдарын пайдаланды.

Түйін сөздер: студенттердің кәсіби өзін-өзі анықтауы, OpenRefine бағдарламалық жасақтамасы, Rstudio бағдарламалық қамтамасыз ету, деректерді жинау.

Abstract

RESEARCH OF REGIONAL ACTIVITIES TO SUPPORT PROCESS OF PROFESSIONAL SELF-DETERMINATION OF STUDENTS

(from the experience of the University of Narhoz)

Sagitova G.K.[1], Mukhamedzhanova G.S.[2]

[1,2] Senior Lecturer of the «Narxoz» University, Almaty, Kazakhstan

The article deals with the activities of universities (in the example of the University «Narxoz») to form students' readiness for conscious professional self-determination. The problem's urgency is not determined by the demand for university graduates in the labor market. The article reveals the content of the "professional self-determination of students." Attention is drawn to creating centers for promoting the employment of graduates of higher educational institutions as an institutional structure for designing vocational guidance work at higher education institutions. For this purpose, the authors of the article use tools such as R Studio and OpenRefine. The flexibility of the language programming language R and the development of algorithms for introducing new, advanced, and advanced methods for packages provide users with the ability to process statistical data. Therefore, the authors used RStudio to display the received data.

Keywords: professional self-determination of students, OpenRefine software, software Rstudio, retrieving data.

Постановка проблемы. Современная система высшего образования в РК характеризуется постоянной сменой реформ, в которой прослеживается возрастающая роль вузов в виде предоставления некоторой автономии. Поэтому важно, формирование социальной и профессиональной личности будущего специалиста с высоким уровнем готовности к профессиональному самоопределению и предстоящей трудовой деятельности.

Вместе с тем социально-экономическая ситуация в стране, положение дел на рынке труда, не меняющееся на протяжении последних ряда лет, свидетельствуют о значимых нерешенных проблемах в этой сфере. Так, по данным агентства статистики РК, среди молодежи в возрасте 15–24 лет уровень безработицы имеет некоторую тенденцию к незначительному уменьшению (рисунок 1), что не решает данную проблему.

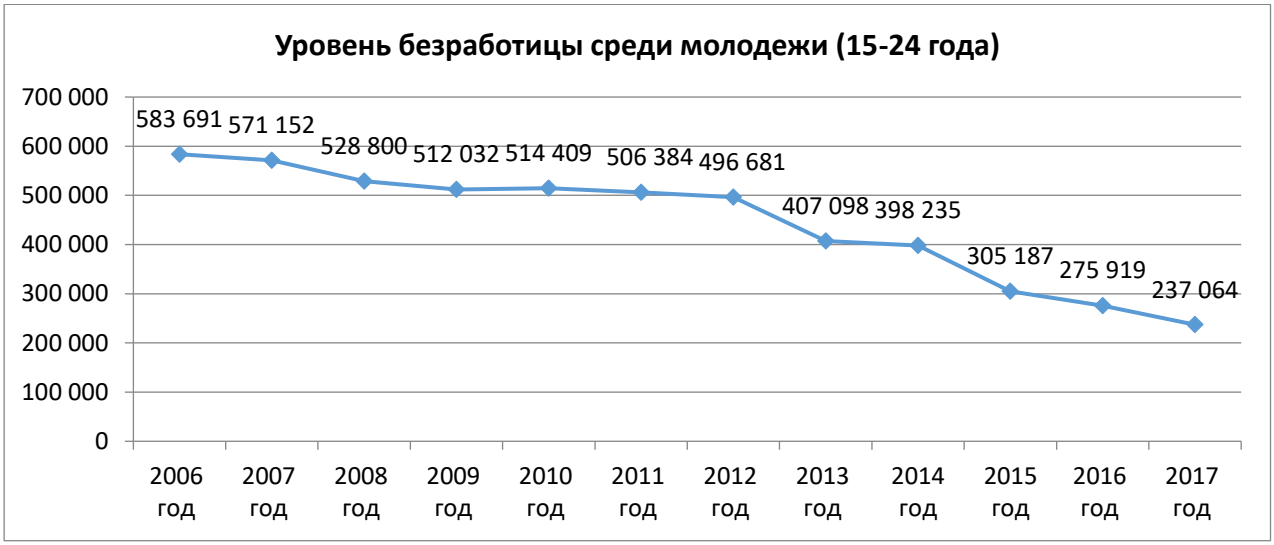


Рисунок 1. Показатели уровня безработицы среди молодежи
Примечание: разработана авторами на основе данных stat.gov.kz

Как видно из рисунка в 2007 году – уровень безработицы уменьшился на 3 % по отношению к предыдущему году, в 2010 году − увеличилась на 0,5 %, в 2015 году – уменьшилась по отношению к 2014 году на 24 %, а в 2017 году – уменьшилась на 15 % [1].

По результатам проведенных исследований, можно сделать вывод о главных причинах создавшейся ситуации:

— Профориентационные работы среди молодежи носят эпизодичный и бессистемный характер.

— Отсутствие специальной подготовки педагогов образовательных организаций к проведению профориентационных работ.

— Отсутствие связи высшей школ и родителей, системы профессионального образования и службы занятости.

В итоге мы наблюдаем дублирование функций различными организациями ответственными за трудоустройство. Профессиональная судьба подрастающего поколения осталась без внимания.

Цель данной статьи: обозначить условия оптимизации процесса профессионального самоопределения студентов на основе результатов анкетирования, проводившегося на базе университета «Нархоз». В данной статье мы опираемся на подходы к развитию социального партнерства в области образования.

Содержание понятия «профессиональное самоопределение студентов». Анализ подходов к понятию «профессиональное самоопределение личности» позволяет говорить о неоднородности и неоднозначности его трактовки. Этот концепт рассматривает в своей статье «Развитие профессиональной идентичности студентов-аспирантов: роль теории самоопределения» Martina F. Mylrea. Автор предполагает, что развитие профессионального самоопределения студента сосредоточено на уровне его саморазвития и это, по мнению автора, повышает чувство собственного достоинства. В статье описывается роль теории самоопределения (SDT) в профессиональном образовании. SDT объясняет понятия компетентности высокомотивированных людей [2].

Частью воспитания конкурентоспособного студента является его профессиональное самоопределение, т.е. развитие у него способности ориентироваться на рынке труда с учетом конкретной ситуации. Это невозможно осуществить вне сферы образования, так как система образования призвана обеспечить фундаментальные знания от рабочего до профессионала,

с учетом потребностей рынка труда в будущем. Поэтому темой для исследования мы выбрали профессиональное самоопределение студента в процессе обучения в университете. Основными факторами для успешного профессионального самоопределения студента мы выбрали: содержание образовательных программ, формы организации учебного процесса, самостоятельная деятельность.

Из всего изложенного, мы будем понимать профессиональное самоопределение студента как сложный и многогранный процесс вовлечения студента в сферу будущей профессиональной деятельности через практику (учебную, производственную, преддипломную) и самостоятельную

деятельность на основе самооценки своих возможностей и соотнесение их с требованиями будущей профессии.

Таким образом, профессиональное самоопределение поможет решить проблемы трудового выбора и повлиять на снижение уровня безработицы среди молодежи.

Деятельность регионов по поддержке процесса профессионального самоопределения студентов.

В ходе изучения проблемы содержания практической деятельности и профессионального самоопределения студентов университета «Нархоз» нами были проведены следующие мероприятия:

– анкетирование студентов;
– анализ безработицы по РК среди молодежи.

Для сбора и обработки данных мы применили возможности программной среды RStudio. Данный продукт на сегодняшний день отвечает всем современным требованиям статистической обработки данных и ее визуализации.

В этой среде удобно работать с «грязными данными», которые часто встречались при сборе информации. Дублированные записи, пустые значения и несогласованные форматы, не нужные пробелы, дополнительные символы, опечатки и т. д. называют грязными данными.

Для обнаружения несоответствия данных, содержащихся в электронной таблице или базе данных, которые неизбежно появляются при обработке больших массивов данных можно обрабатывать с помощью программы OpenRefine.

Рассмотрим программу под названием OpenRefine, в которой легко можно:

– идентифицировать систематические ошибки, дубликаты, орфографические несоответствия,
– производить импорт данных в различных форматах,
– исследовать наборы данных в считанные секунды,
– применять базовые и расширенные преобразования ячеек, обработка ячеек, содержащих несколько значений,
– создание мгновенных связей между наборами данных, фильтрация и разбиение данных с помощью регулярных выражений,
– выполнение расширенных операции с данными с помощью языка общего уточнения выражений [3].

С помощью программы OpenRefine произведем отчистку и идентификацию данных. Заменим в исходной таблице данные столбца специальность (Speciality) на соответствующее числовое значение (1,2,3…) для набора из 569 строк. Процесс преобразования данных показан на рисунке 2.

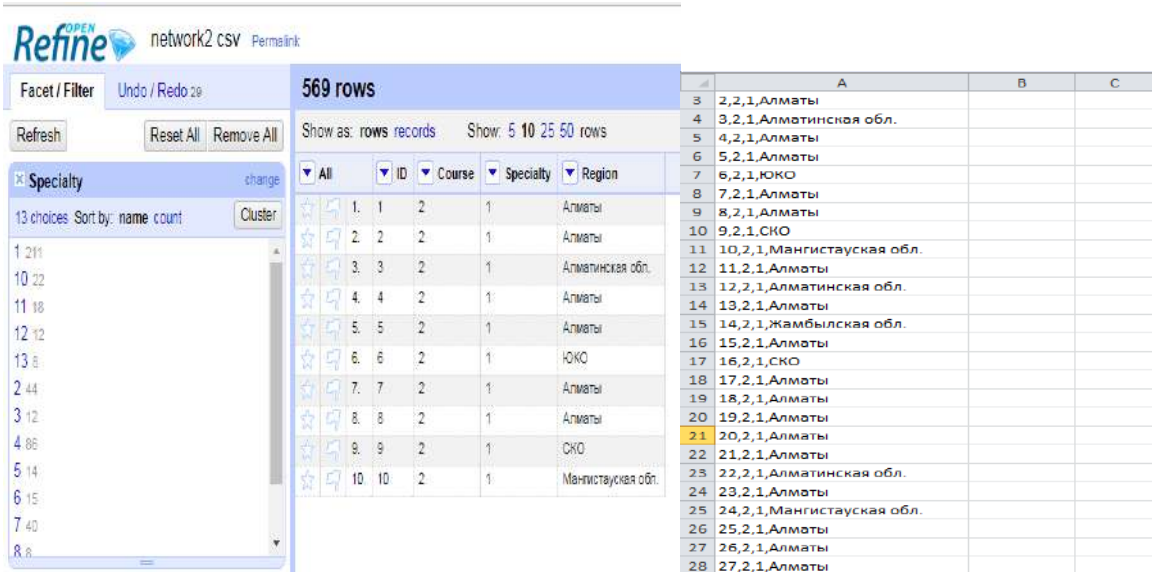
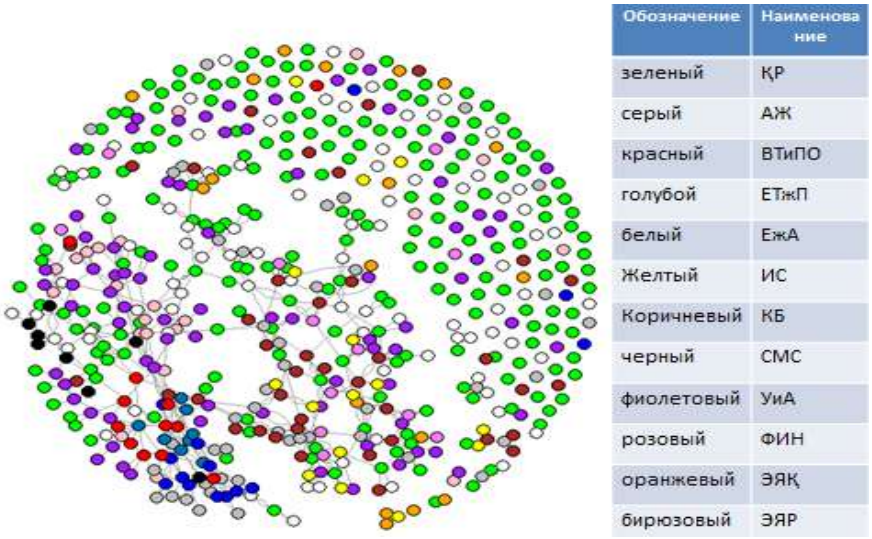


Рисунок 2. Процесс преобразования данных

Затем создадим с помощью инструмента RStudio визуальное представление извлеченных данных в разрезе специальностей школы «Финансы и технологии» университета «Нархоз». Результат преобразования показан на рисунке 3.



Обозначение	Наименование
зеленый	ҚР
серый	АЖ
красный	ВТиПО
голубой	ЕТжП
белый	ЕжА
Желтый	ИС
Коричневый	КБ
черный	СМС
фиолетовый	УиА
розовый	ФИН
оранжевый	ЭЯҚ
бирюзовый	ЭЯР

Рисунок 3. Визуализация данных в разрезе специальностей

Таким образом, из имеющейся визуализации взаимосвязи, можно найти некоторую закономерность в массиве данных. Из сети взаимосвязи следует, что в университете «Нархоз» преобладают студенты помимо г.Алматы и Алматинской области – Мангыстауская и Южно-Казахстанская области (таблица 1).

Таблица 1 –Рейтинг университета «Нархоз» в регионах РК

Регион	Количество обучающихся	Рейтинг региона
N/A Количество	158	2
Актау Количество	2	9
Алматинская обл. Количество	49	3
Алматы Количество	252	1
ВКО Количество	8	8
Жамбылская обл. Количество	16	7
КЫЗЫЛОРДА Количество	1	10
Мангистауская обл. Количество	35	5
СКО Количество	16	6
ЮКО Количество	32	4
Общее количество	569	

Значит, в этих регионах профориентационная работа университета «Нархоз» представлена наилучшим образом.

Практика показывает, что эффективной институциональной структурой профессионального самоопределения студентов в настоящее время становятся центры содействия трудоустройству. Такие центры помогают молодым специалистам быстрее адаптироваться к современному рынку труда. В новом проекте Закона «О внесении изменений и дополнений в некоторые законодательные акты РК по вопросам занятости и миграции населения», предоставляется возможность для студентов участвовать в общественных работах не только в период летних каникул, но и в свободное от учебы время. Это поможет решить проблему с самоопределением профессиональной пригодности студента [4].

Список использованной литературы

1 *Сайт Министерства национальной экономики РК комитета по статистике www. stat.gov.kz*

2 Martina F. Mylrea, Tarun Sen Gupta, and Beverley D. Glass Developing Professional Identity in Undergraduate Pharmacy Students: A Role for Self-Determination Theory – URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5597141/*

3 URL: http://openrefine.org/download.html

4 Министерство труда и социальной защиты населения РК предлагает ускорить процедуры трудоустройства безработных - URL:https://www.zakon.kz/4905254-ministerstvo-truda-i-sotsialnoy.html

УДК 002.6:37.016: 37.013
ГРНТИ 20.01.45 : 14.07.09

М.Т. Салбырова [1]

[1] Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университетінің PhD докторанты, Алматы қ., Қазақстан

АҚПАРАТТЫҚ-КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР АРҚЫЛЫ ОҚУШЫЛАРДЫ ЖЕКЕ ТҰЛҒАҒА БАҒЫТТАЛҒАН ОҚЫТУДЫҢ МҮМКІНДІКТЕРІ МЕН АРТЫҚШЫЛЫҚТАРЫ

Аңдатпа

Мақалада баланы жеке тұлға ретінде қалыптасуына бағытталған жаңа білім беру технологияларын дамыту қарастырылған. Жаңа білім беру жүйесінің қалыптасуы оқу-тәрбиелік жүйенің педагогикалық теориясы мен практикасының инновациялық өзгерістерімен қатар жүреді. Қазіргі заманғы ақпараттық-коммуникациялық технологиялар (АКТ) оқушылардың педагогикасын және дидактикасын жетілдірудің маңызды құралдарының бірі болып табылады. Қазіргі заманғы білім берудің негізгі институттарының бірі-тұлғаның әлеуметтенуі. Осы арқылы болашақта өзін-өзі дамытуға қабілетті, еркін, жауапты, адамгершілігі бар тұлға қалыптасады. Заманауи білім беру негізінде жеке тұлғаға бағытталған оқытуды ұйымдастыру үшін білім беруді тиімді өткізуді, оқушыларды оқу үрдісіне белсенді тартуды, оқытудың тиімділігін арттыруды және ең алдымен оқушының жеке қажеттіліктері мен сипаттамаларын ескере алатын АКТ-ны қолдануға болады. Жеке тұлғаға бағытталған оқытуда АКТ-ны пайдалану оқушылардың білім беру және танымдық белсенділігін айтарлықтай белсендіреді.

Түйін сөздер: АКТ, технология, білім беру технологиялары, тұлғаға бағытталған оқыту, дәстүрлі білім, тұлғаға бағытталған тәсіл, объект, субъект.

Аннотация

М.Т. Салбырова[1]

[1] докторант Казахского национального педагогического университета имени Абая, г.Алматы, Казахстан

ВОЗМОЖНОСТИ И ПРЕИМУЩЕСТВА ЛИЧНОСТНО - ОРИЕНТИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПОСРЕДСТВОМ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В статье рассматривается разработка новых образовательных технологий направленных на формирование ребенка как личности. Становление новой системы образования сопровождается инновационными изменениями в педагогической теории и практике учебно-воспитательного процесса. Современные информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) стали одним из важнейших инструментов модернизации педагогики и дидактики обучения школьников. Одним из главных институтов современного образования можно назвать социализацию личности. Это формирование свободной, ответственной, гуманной личности, способной к дальнейшему саморазвитию. Для организации личностно ориентированного обучения в современных условиях образования, могут быть использованы ИКТ, которые способны обеспечить эффективную передачу знаний, активное вовлечение учащихся в учебный процесс, повышение результативности обучения, а также, в максимальной степени учесть личностные потребности и особенности самих учащихся. Использование ИКТ при личностно-ориентированном обучении значительно активизирует учебно-познавательной деятельность обучающихся.

Ключевые слова: ИКТ, технология, образовательные технологии, личностно-ориентированное обучение, традиционные знания, индивидуальный подход, объект, субъект.

Abstract

POSSIBILITIES AND ADVANTAGES OF THE PERSON-ORIENTED TRAINING OF PUPILS THROUGH INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

Salbyrova M.T.[1]

[1] *doctoral student of the Abai University, Almaty, Kazakhstan*

The article deals with developing new educational technologies to form the child as a person. The formation of a new education system is accompanied by innovative changes in the pedagogical theory and practice of the educational process. Information technologies have become essential tools for modernizing pedagogy and didactics of schoolchildren's education. One of the leading institutions of modern education is the socialization of the individual. This forms an accessible, responsible, humane person capable of further self-development. For the organization of person-centered instruction in modern education conditions, information and communication technologies can be used that can provide practical knowledge transfer, active involvement of students in the learning process, increase the effectiveness of training, and, to the maximum extent, take into account the personal needs and characteristics of the students themselves. Using ICT in personal-oriented learning significantly enhances students' educational and cognitive activity.

Keywords: ICT, technology, educational technologies, personality-oriented learning, traditional knowledge, individual approach, object, subject.

Елбасымыз Қазақстан халқына Жолдауында «Бізге экономикалық қоғамдық жаңару қажеттіліктеріне сай келетін осы заманғы білім беру жүйесі қажет» деп қазіргі білім беру салаларына артылатын салмақты көрсетіп берді [1].

Қазіргі кезде білім беру парадигмасы өзгеруде. Бұрын пәнге бағытталған түрде жүргізілсе, енді жеке тұлғаға бағытталған түрде жүргізілетін болды. Бұл-қоғамдағы өзгерістерге байланысты туындаған объективті процесс. Бұрынғы оқыту технологиялары оқушылардың жалпы оқуға деген ұмтылыстары мен біліктіктерін қалыптастыруға бағытталған еді. Онда оқытылатын пәннің өзі оқыту мақсаты сияқты оқушы-соған жету құралы болып саналатын. Осының нәтижесінде көптеген оқушыларда оқуға деген оң көзқарас қалыптаспайтын.

Қазіргі заманғы педагогикалық ғылымның ерекшелігі – баланың жеке тұлға ретінде қалыптасуына бағытталған жаңа білім беру технологияларын дамыту болып табылады.

Жаңа білім беру жүйесінің қалыптасуы оқу-тәрбиелік жүйенің педагогикалық теориясы мен практикасының инновациялық өзгерістерімен қатар жүреді. Білім берудің мазмұны жаңа процедуралық дағдылармен, ғылым мәселелеріне шығармашылық шешіммен, білім беру бағдарламаларын жекелендіруге баса назар аудара отырып, ақпарат пен нарықтық тәжірибені пайдалану қабілеттерін дамытумен байытылған.

Соңғы жылдары АКТ-ның қарқынды дамуы мектептегі оқу процесіне әсер ете алмады. Қазіргі заманғы ақпараттық технологиялар оқушылардың педагогикасын және дидактикасын жетілдірудің маңызды құралдарының бірі.

Қазіргі заманғы білім берудің негізгі институттарының бірі тұлғаның әлеуметтенуі деп атауға болады. Бұл болашақта өзін-өзі дамытуға қабілетті, еркін, жауапты, адамгершілігі бар тұлға қалыптастыру.

Мұғалім үшін ең басты мәселе – оқыту әдісін дұрыс таңдау. Жаңа педагогикалық технологиялар оқушының жеке тұлғалық күшін арттырып, шығармашылық ойынының дамуында басты рөл атқарады.

Жаңа технологияларды меңгеру мұғалімнің зияткерлік, кәсіптік, адамгершілік, рухани, азаматтық және де басқа да көптеген адами келбетінің қалыптасуына игі әсерін тигізеді, өзін – өзі дамытып, оқу – тәрбие үрдісін тиімді ұйымдастыруына көмектеседі.

Өзгеретін қоғамға оңай бағдарланатын, жаңа қызмет саласын тез меңгеретін, толеранттылықтың жоғары деңгейіне ие, кез-келген жағдайды талдай алатын, оны бағалауға және тиісті шешім қабылдауға қабілетті білімді адам – ашық қоғамның азаматы.

Дәстүрлі білім беру жүйесі, көбіне негізінен бір міндетті шешеді – білімді, қабілеттер мен дағдыларды қалыптастырады, мұнда даму және оқыту – қосалқы.

Мұның барлығы оқушылардың:

- жұмысқа қабілеттілігі мен тәуелсіздік деңгейінің төмендігіне;
- топ және командада жұмыс істеуге дайын еместігіне;
- тек репродуктивті оқытуға дайын болуына;
- ақпаратпен жұмыста қиындықтардың туындауына;

– өз ойларын нақты және анық білдіре алмай, іс-әрекеттерінің жолдарын талдай алмауына;
– іс-әрекеттерін жоспарлай, жобалай, модельдей алмауына алып келеді.

Тұлғаға бағытталған тәсілдің стратегиясы дегеніміз – "педагогтың тәрбиеленушіге көзқарасы ұдайы тұлға ретінде, өзін-өзі танитын, жауапкершілігі бар өзіндік даму субъектісі ретінде және өзара тәрбиелік іс-қимыл субъектісі ретінде" болғандағы стратегия [1].

Тұлғаға бағдарланған тәсілдің артықшылықтары келесілерді қамтиды:

– баланың жеке басын, оның дамуына ыңғайлы, кедергісіз және қауіпсіз жағдайлармен қамтамасыз етілуін, табиғи потенциалының жүзеге асуын түгелімен мектептің білім беру жүйесінің ортасына салады

– бұл педагогикалық қызметтің әдіснамалық бағыттылығы, өзара түсіністіктер, идеялар мен әрекеттер әдістеріне сүйеніп, өзін-өзі тану, өзін-өзі қалыптастыру және баланың жеке басын іске асыру үдерістерін қамтамасыз етуге және қолдауға, өзінің бірегей тұлғасын дамытуға мүмкіндік береді

– оқушының жеке басының жан-жақты дамуы, яғни интеллектуалды, эмоционалдық, құндылық-мотивациялық компоненттерінің комплексті және біртекті дамуын мақсатқа алады [2]. Осылайша, жеке тұлғаға бағдарланған көзқарас оқушыларға қолдау көрсетуді және білім беру ортасын қалыптастыра отырып білім беру жүйесінің барлық компоненттеріне (білім беру және оқу-тәрбие мақсаттары, оқыту мазмұны, әдістер мен қабылдаулар, оқыту технологиялары) ықпал етеді.

Тұлғаға бағытталған тәсілдер шеңберінде көптеген технологияларға бөлінеді, олардың ішінде ең тиімді және кең таралғандары:

– баланы педагогикалық қолдау технологиясы;
– ынтымақтастық педагогикасы;
– гуманды-тұлғалық технология Ш.А. Амонашвили [3];
– көп деңгейлі оқыту;
– білімді толық игеру технологиясы;
– жобалардың әдістемесі;
– Дальтон - технологиясы;
– жеке тұлғаға бағытталған дамыта оқыту. И.С. Якиманский [4].

Жеке тұлғаға бағытталған дамыта оқыту- тиімді білім берудің негізі. Жеке тұлғаға бағытталған дамыта оқыту оның өмірлік мәселелерді шешу және өмір сүруге бағытталуымен анықталады. Ол оқушыға өзіндік қасиеттерін дамытуға, оның жеке ұстанымын айқындауға көмектесуге бағытталған және кез-келген мектептегі оқушыларды оқыту мен тәрбиелеу нормасына айналуы қажет.

Жеке тұлғаға бағытталған дамыта оқыту технологиясында дәстүрлі педагогикада адамдар мен заттардың әлемін қабылдау мен түсіну үрдісінде баланың отбасылық және әлеуметтік-мәдени орта жағдайында мектеп алдында алған өмірлік әрекеттің пәндік тәжірибесі іс жүзінде елеусіз қалдырылған даму факторына ерекше көңіл бөлінеді.

Адамның субъективтілігі (индивидуализм) дүниенің танымына (оның мазмұны, формасы), таңдаулылықтың тұрақтылығын, білім беру материалын өңдеу жолдарын, таным объектілеріне (материалды және идеалды) эмоционалды-тұлғалық қатынастарын көрсетеді.

Дамыта отырып оқытудың мақсаты әр баланың танымдық қабілеттерін дамыту болып табылады; баланың жеке (субъективті) тәжірибесін барынша анықтау, бастау, пайдалану, дамыту; өзін-өзі тануға және өзін дамытуға көмектесу.

Жеке тұлғаға бағытталған дамыта оқыту технологиясы қоғамның жеке баланың жеке мағыналық қызметі ретіндегі нормативтік және дәйекті әрекеті ретінде түсіндірілетін оқытудың тіркесімен білдіреді. Оның мазмұны, әдістері, әдістері негізінен әр оқушының тәжірибесін ашып, пайдалану үшін интегралды білім беруді ұйымдастыру арқылы жеке танымдық тәсілдерді қалыптастыруға көмектеседі. Оқу үдерісінде адам іс-әрекетінің негізгі бағыттары (ғылым, өнер, қолөнер) бөлінген, талаптары жеке қасиеттерді меңгеру, сипаттау және есепке алуға негізделген. [5].

Жеке тұлғаға бағытталған сабақ дәстүрлі сабаққа қарағанда, ең алдымен, «мұғалім-оқушы» өзара әрекеттесу түрін өзгертеді. Мұғалім команда стилінен ынтымақтастыққа жылжиды. Студенттің ұстанымы ұқыпты орындаудан белсенді шығармашылыққа өзгереді және оның ойлауы әр түрлі болады: рефлексиялық, яғни нәтижеге бағытталған. Сабақта қалыптасатын қарым-қатынастың сипаты да өзгереді. Ең бастысы, мұғалім тек тапсырмаларды беріп қана қоймай, сонымен қатар оқушылардың жеке тұлғасын дамыту үшін оңтайлы жағдайлар жасайды (1-кесте)

1-кесте. Сабақтардың негізгі айырмашылықтары

Дәстүрлі сабақ	Тұлғаға бағытталған сабақ
Мақсаты	
Оқушыларды берік білім, қабілет, дағдымен қалыптастыру.	Оқушылардың дамуы, әрбір сабақта оқу-іс-әрекетін қалыптастырып, оны оқытуға, өзін-өзі дамытуға қызығушылық тудыратын субъектке айналдыру.
Мұғалім іс-әрекеті	
Көрсетеді, түсіндіреді, айқындайды, талап қояды, талап етеді, дәлелдейді, жаттықтырады, тексереді, бағалайды. Орталықта мұғалім.	Білім беру іс-әрекетін ұйымдастырушы. Түсіндіреді, еске алады, кеңестер береді, проблемаға әкеледі, кеңес береді, кеңеседі, ынталандырады. Орталықта оқушы.
Оқушы іс-әрекеті	
Оқушы - мұғалімнің ықпалы бағытталған оқытудың нысаны.	Оқушы - мұғалім іс-әрекетінің субъектісі. Іс-әрекет мұғалімнен емес, баладан жүреді.
« Мұғалім - оқушы» қарым-қатынасы	
Субъектті - объектті	Субъектті - субъектті

Білім беру сапасын арттыратын заманауи ақпараттық технологияларды қолданудың екі негізгі бағытын қарастырайық.

Бірінші - білім беру мәселелерін шешуде компьютерді табысты пайдалануға мүмкіндік беретін білім, дағдылар мен дағдыларды игеруді меңзейді. Күнделікті өмірде компьютерді пайдалану мүмкіндігі, сонымен бірге қоғамның талаптары, нақты білімдер мен дағдылар арасындағы айырмашылықты азайтады.

Екінші - заманауи ақпараттық технологияларды тиімді оқу құралы ретінде қарайды, ол оның тиімділігін айтарлықтай арттыра алады, білім беру траекториясын еркін таңдау үшін кең мүмкіндіктерді қамтамасыз ету.

Жеке тұлғаға бағытталған оқытуда АКТ-ны:

- оқушыларды оқытуға ынталандыру және танымдық белсенділігін арттыруға;
- әрбір оқышының жеке қасиеттерін ескере отырып, оқу үдерісін қалыптастыруға;
- оқу курсын дербес басқару үшін жағдайлар жасауға;
- оқу үрдісі кезінде мұғалімнің түзетуші әсерін дер кезінде жасауға;
- оқушылардың даму динамикасын қадағалауға;
- әрбір оқушының оқу және оқу қабілеті деңгейін ескеруге мүмкіндік береді.

Заманауи білім беру негізінде жеке тұлғаға бағытталған оқытуды ұйымдастыру үшін білім беруді тиімді өткізуді, оқушыларды оқу үрдісіне белсенді тартуды, оқытудың тиімділігін арттыруды және ең алдымен оқушының жеке қажеттіліктері мен сипаттамаларын ескере алатын АКТ-ны қолдануға болады.

Жеке тұлғаға бағытталған оқытуда сабақты дайындау және жүргізу кезінде оқушыны бірінші орынға қоя отырып мұғалім өзінің іс-әрекетінің позициясын анықтайды.

Жеке тұлғаға бағытталған оқыту педагогикалық іс-әрекеттерді жүзеге асыруда жетістіктерге ие. Бұл білім беру және білім беру салаларында бірқатар мәселелерді шешуге мүмкіндік береді, мысалы:

- оқушылардың пәнге танымдық қызығушылығын арттырады;
- оның сапасын арттыруға әсер ететін материалды жан-жақты талдауға;
- жеке тұлғаның өзін-өзі анықтауға және баланы құрметтеуге арналған жағдайлар жасайтын мотивациялық және қажетті, эмоционалды-сенсорлық салаларын дамытуға;
- оқушыларға ғана емес, қарсыластың пікіріне де төзімділік танытуға;
- оқушылардың алаңдаушылығын төмендететін сабақта ыңғайлы психологиялық ортаны қалыптастыруға;
- оқушылардың әлеуметтік маңызды құзыреттерін қалыптастыруға.

Біздің ойымызша жеке тұлғаға бағдарланған оқыту мұғалімнің жеке тұлғасына оң әсер етеді: мұғалім аудиторияға ие болу дағдысын меңгереді; сыныпта психологиялық атмосфераны қалыптастырады; ойлау еркіндігін белгілі бір жағдайларда шешім қабылдау жылдамдығын дамытады.

Жеке тұлғаға бағытталған әдіс баланың қажеттіліктері мен мүдделерін қанағаттандыруға бағытталғанын атап өту маңызды. Осы әдісті пайдаланған кезде мұғалім балалардағы әлеуметтік-типтік ерекшеліктерді жасамауға тырысады, бірақ олардың әрқайсысында бірегей жеке қасиеттер қалыптасады.

Сонымен қатар, жеке тұлғаға бағытталған оқытуда АКТ-ны пайдалану оқушылардың білім беру және танымдық белсенділігін

- дифференциалды білім беруді енгізу;
- ұсынылған материалды зерттеуге және ой-өрісін дамытуға мүмкіндік береді
- ақпараттық мәдениетті дамыту;
- ыңғайлы оқу жағдайларын жасау (дараландыру);
- таным процесіне қатысу арқылы белсендіреді.

Білім беруде АКТ - ны пайдалану оқушының білім беру үрдісінде шығармашылық қабілетін дамытуға мүмкіндік береді. АКТ - ны сабақ үстінде пайдалану арқылы оқушылар бұрын алған білімдерін кеңейтіп, өз бетімен шығармашылық тапсырмалар орындайды. Заманауи АКТ құралдарымен жұмыс істеу оқушыларды ұқыптылыққа, нақтылыққа, берілген тапсырмалардың нәтижелі орындалуына, басты мәселеге назар аудара білуге баулиды, сондай - ақ, АКТ құралдарымен жұмыс істеу барысында оқушылардың өзінің жеке іс - әрекетін дұрыс жоспарлауға, дұрыс шешім қабылдай алуға тәрбиелейді.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1 Қазақстан Республикасының Президенті Н. Назарбаевтың Қазақстан халқына Жолдауы, 2006 ж

2 Педагогикалық энциклопедиялық сөздік. М., 2003. С. 134.

3 Кукушкин, В. С. Педагогика начального образования/ В. С. Кукушкин, А. В. Болдырева — Вараксина. — Ростов-на-Дону: МарТ, 2005–592 с.

4. Гуманно-личностная технология «школа жизни» Ш. А. Амонашвили / С. Б. Демидова // Завуч нач. шк. – 2003. – № 3. – С. 73–78.

5 Якиманская И. С.Развивающее обучение.– М.: Педагогика, 1979. – 144с.

6 Бондаревская Е.В. Личностно-ориентированный подход как технология модернизации образования, журнал «Методист», №2, 2003

ГРНТИ 78.21.13
УДК 378.1:004.357

Г.Е. Сапиева[1] , У. К. Керимова[2] , Ж.Ж. Кожамкулова[3] , Ж.С. Чингенжинова[4]

[1,4] техника ғылымдарының магистрі, Қазақ Ұлттық Аграрлық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2]э.ғ.д., профессор, Қазақ Ұлттық Аграрлық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[3]PhD доктор, Қазақ Ұлттық Аграрлық университеті, Алматы қ., Қазақстан

ӘСКЕРИ БІЛІМ БЕРУДЕ АҚПАРАТТЫҚ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ПАЙДАЛАНУ

Аңдатпа

Ақпараттық-коммуникациялық технологиялар (АКТ) негізінде жаңғыртылған «Цифрлық Қазақстан» білім беру бағдарламасын қалыптастыру мен іске асырудың алғы шарты болып табылады. Қазіргі заманғы АКТ компьютерлік оқыту құралдарының кең спектрін ұсынады: графикалық, дыбыстық және бейне эффектілерін, компьютерлік модельдеуді және 3D-конструкторлық мүмкіндіктерді, модельдеу тренажерлерін, компьютермен диалогты жүргізуді, іскерлік ойындарды және т.б. Мақалада ақпараттық коммуникациялық технологияларды (АКТ) пайдалану арқылы әскери білім берудің тиімділігін арттыру мәселелері қарастырылған. Сондай-ақ, арнайы зерттеу негізінде әскери білім берудің тиімділігін арттыру критерийлері анықталды. Жоғары оқу орындарындағы әскери білім беруді арттыруда АКТ маңыздылығы төменде ашып көрсетілген.

Түйін сөздер: әскери білім, оқу үдерісі, ақпараттық-коммуникациялық технологиялар, қашықтықтан оқыту технологиясы, әдістемелік қамтамасыздандыру.

Аннотация

Г.Е. Сапиева[1] , У. К. Керимова[2] , Ж.Ж. Кожамкулова[3] , Ж.С. Чингенжинова[4]
[1,4] магистр технических наук, Қазахский Национальный Аграрный университет, г. Алматы, Казахстан
[2]д.э.н., профессор, Қазахский Национальный Аграрный университет, г. Алматы, Казахстан
[3]PhD доктор, Қазахский Национальный Аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ВОЕННОМ ОБРАЗОВАНИИ

Необходимым условием для разработки и внедрения обновленной образовательной программы «Цифровой Казахстан» на основе информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Современные ИКТ предлагают широкий спектр компьютерных обучающих инструментов, таких как графические, звуковые и видеоэффекты, компьютерное моделирование и 3D-дизайн, симуляторы моделирования, взаимодействие с компьютером, бизнес-игры и многое другое. В статье изложены вопросы повышения эффективности военного образования с использованием информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Кроме того, критерии повышения эффективности военного образования были определены на основе специального исследования. Ниже подчеркивается значение ИКТ для развития военного образования в высших учебных заведениях.

Ключевые слова: военное образование, образовательный процесс, информационные и коммуникационные технологии, технологии дистанционного обучения, методологическая поддержка.

Abstract

USE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN MILITARY EDUCATION

Sapieva G.E. [1,] Kerimova U.K. [2], Kozhamkulova Zh.Zh. [3], Chingenzhinov Zh.S. [4]
[1.4] Master degree in Engineering, Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan
[2] Dr. Sci. (Economics), Professor, Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan
[3]PhD, Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan

The prerequisite for the development and implementation of the upgraded educational program "Digital Kazakhstan" on the basis of information and communication technologies (ICT). Modern ICT offers a wide range of computer training tools: graphic, audio and video effects, computer modeling and 3D design features, simulation simulators, computer interaction, business games and more. The article outlines the issues of increasing the effectiveness of military education using information and communication technologies (ICTs). Also, the criteria for increasing the effectiveness of military education were determined on the basis of a special study. The significance of ICT for the development of military education in higher education institutions is highlighted below.

Key words: military education, educational process, information and communication technologies, distance learning technologies, methodological support.

Қазақстан Республикасының Президенті Н.Ә.Назарбаевтың Қазақстан халқына Жолдауында: «Қазақстанның үшінші жаңғыруы: жаһандық бәсекеге қабілеттілік» [1] IT-саланың жаңа жаһандық маңыздылығына баса назар аударуда: «.....3D-принтинг, онлайн-сауда, мобильді банкинг, цифрлық қызмет көрсету секілді денсаулық сақтау, білім беру ісінде қолданылатын және басқа да перспективалы салаларды дамыту керек. Бұл индустриялар қазірдің өзінде дамыған елдердің экономикаларының құрылымын өзгертіп, дәстүрлі салаларға жаңа сапа дарытты. Сондықтан Үкімет IT саласын дамыту мәселесін ерекше бақылауда ұстауға тиіс».

Ақпараттық-коммуникациялық технологиялар (АКТ) негізінде жаңғыртылған «Цифрлық Қазақстан» білім беру бағдарламасын қалыптастыру мен іске асырудың алғы шарты болып табылады. АКТ - бұл адамның зияткерлік белсенділігін жандандырудың жоғары тиімді құралы. Ол білім беру үдерістеріне ақпараттық және телекоммуникациялық технологияларды енгізуге мәжбүрлеуді көздейтін, экономикалық дамуға бағытталған елдегі барлық білім беру жүйесін қамтуы керек [2].

Қазіргі заманғы АКТ компьютерлік оқыту құралдарының кең спектрін ұсынады: графикалық, дыбыстық және бейне эффектілерін, компьютерлік модельдеуді және 3D-конструкторлық мүмкіндіктерді, модельдеу тренажерлерін, компьютермен диалогты жүргізуді, іскерлік ойындарды және т.б.

Оқу процесінде ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың көмегімен когнитивті үдерістерді басқару үшін қазіргі заманғы ақпараттық және білім беру ресурстарына (Интернет, мультимедиялық оқулықтар және гипермәтінге негізделген оқулықтар, әр түрлі дерекқорлар, тренингтік алаңдар және т.б.) қол жетімділікті қамтамасыз ету үшін интерактивті ортаны дамытуға болады.

Қазіргі жағдайда АКТ теориялық білімдерді (дәрістерде), оқу тапсырмаларын (тәжірибелік және зертханалық) беру, шығармашылық тапсырмаларды орындау (өзіндік білім алу), білімді, дағдыларды және бақылауды бағалау үшін қолданылады.

Жоғары оқу орындарындағы әскери білім беруді арттыруда АКТ маңыздылығы төменде көрсетілген:

- компьютерлік және демонстративті құралдар арқылы теориялық ақпараттарды бейнелеу (мысалы, жауынгерлік операциялар, әскери операцияларды орындау, қаруды қолдану, өрт сөндіру, қорғаныс объектілері);
- әскери білімдерін компьютерлік және демонстрациялық құралдар арқылы ауызша және көрнекі түрде бір уақытта жеткізу;
- болашақ әскери оқытушылардың бұрғылау, өрт және басқа да кездердегі құзыреттіліктер мен дағдыларын дамытуға арналған имитациялық жағдайларын жасау;
- орналасу орнына қарамастан (тыңдаушылар немесе аудиториядан тыс) әскери білім мен өз бетінше білім алу негіздерін меңгеру үшін қолайлы жағдайлар жасау;
- заманауи әскери білімдермен, технологиялармен, қару-жарақпен және технологиямен оқытушылардың хабардарлығын қамтамасыз ету, оқыту әдіснамасы саласындағы үздік тәжірибемен таныстыру, қашықтықтан оқыту арқылы тәжірибе алмасу және әдістемелік көмек көрсету;
- аудиторияларды оқу-нормативтік құжаттармен, нұсқаулықтармен, бұйрықтармен, студенттерді оқу тапсырмаларымен (проблемалық жағдайлар, жеке әскери операцияларды орындау, бұйрықтарды орындау үшін жаттығулар, тесттер мен тапсырмаларды көрсететін материалдар) жабдықтау;
- білім беру процесінде студенттердің белсенділігін арттыру (көрнекі құралдар арқылы жауаптарды негіздеу, тәжірибелік және зертханалық зерттеулер барысында тапсырмаларды тәжірибелік және имитациялық орындау және т.б.);
- әскери білім беру негіздері бойынша оқу материалдары оқушыларының меңгеруін бақылау;
- әскери білім негіздеріндегі студенттердің білімін, дағдыларын және қабілеттерін сараптау және бағалау;
- әскери білім беру пәндері бойынша академиялық семестрдің нәтижелері туралы есептер дайындау.

Осыған байланысты әскери білім беру үдерісінде АКТ-ны пайдаланудың арқасында оқытушылар мен болашақ әскери қызметшілерге келесі әдістемелік қамтамасыздандыру көрсетілген (1-сурет):

Сурет 1. Әскери білім беру процесінде АКТ-ны пайдалану арқылы құрылған әдістемелік қамтамасыздандыру

Республиканың барлық өңірлерінде білім беру қызметтеріне сұраныстың артуына байланысты білім беру процесінде ақпараттық-коммуникациялық технологияларды қолдануға негізделген қашықтықтан оқыту (ҚО) жүйесі кеңінен танымал болып келеді. Сонымен қатар, ҚО жүйесі білім беру мекемелерінің кез келген қашықтықта арнайы ақпараттық және білім беру ортасының көмегімен ұсынылатын білім беру қызметтерінің жиынтығы болып табылады. Интерактивті тренинг көптеген мүмкіндіктерді ұсынады, соның ішінде виртуалды аудиториядан веб-браузерді қолдану арқылы оқу материалдарын жүктеу; оқытушылар мен курсанттармен жиналыс бөлмелері арқылы, электрондық пошта арқылы, жазылған талқылаулар арқылы немесе аудио арқылы байланыс жасау; бейнеконференцияға қатысу; интерактивті зертханаларда жұмыс істеу, сондай-ақ нақты уақыт режимінде оқыту курсының материалдарын жаңарту.

Студенттердің білімдерін меңгеру сапасын бағалау үшін тестілеу жүйесі дәстүрлі және қашықтықтан оқыту формалары арасында кең таралған. Мысалы, бірқатар қазақстандық университеттерде ҚО технологиясы білім беру кеңістігін теледидар мен спутниктік деректерді беру арналары арқылы қалыптастыруға негізделген.

Алайда оқытудың альтернативті тәсілдері танымал болу үшін белгілі бір жағдайлар жасалуы керек. Табыстың кілті дәстүрлі сынып аудиториясының интерактивті оқытуды біріктіру болып табылады. Білім беру жүйесін дамытуға альтернативті тәсілдердің таралуының маңызды факторы - ҚО әдіснамасын апробациялау үшін сыныптық оқытуды, сондай-ақ университеттерді тарту орталықтары болып табылады.

Біздің пікірімізше, оқытуды ұйымдастырудың толыққанды нысанын қалыптастыруға басымдық берілсе де, қашықтан білім беру технологиялары білім беру жүйесінде кеңінен қолданылатын және жастармен және тұтастай алғанда халықпен тиісті түрде қабылдайтын күні өте алыс емес. Ғылыми академияда қазірдің өзінде АКТ-ны қарқынды дамыту және олардың өміріміздің әлеуметтік салаларына енуі білім беру жүйесін реформалауға сөзсіз әсер етеді.

АКТ тек білім беру жүйесінде қолданыста болмаған кезде, бірақ білім алушылардың жеке қабілеттерін ашуға, сақтауға және дамытуға ықпал ететін жаңа білім беру жүйесінде элемент ретінде енген кезде тиімді болуы мүмкін; когнитивтік қабілеттерін қалыптастыру, өзін-өзі жетілдіруге ұмтылу; шындықтың құбылыстарын жан-жақты зерттеуді, ғылым, техника, гуманитарлық және өнер арасындағы қарым-қатынастың ажырамас болуын қамтамасыз ету; білім беру мен тәрбиелеу үдерісінің мазмұны, формалары мен әдістерінің тұрақты динамикалық жаңаруы.

Елдің әскери оқу орындарының оқу үдерісіне ақпараттық-коммуникациялық технологияларды енгізудің тиімділігі практикалық тәжірибесі көрсеткендей [3,4], жаңа білім беру жүйесіне элемент болып енгізілуі электрондық басылымдары (электронды оқулықтар, оқу құралдары, анықтамалық, энциклопедиялар, тестілеу жүйелері, автоматтандырылған оқыту курстары) болып табылады, бұл қазақстандық қоғамды ақпараттандыру және жаңа ғылымды қажет ететін технологияларды дамыту жағдайында кәсіптік өсу мен кәсіби ұтқырлыққа қабілетті еңбек нарығында бәсекеге қабілетті мамандарды сапалы даярлауға мүмкіндік береді.

Бұдан басқа, оқу-тәрбие үдерісінде ақпараттық-коммуникациялық технологияларды енгізу оқытушының функцияларымен қатар, зерттеуші, бағдарламашы, ұйымдастырушы, кеңесші, авторлық электрондық білім беру жүйелерін әзірлеуші болуы тиіс.

Дегенмен, Қазақстанның білім беру кеңістігінде ақпараттық-коммуникациялық технологияларды дамыту жаңа технологиялардың негізінде дидактиканың бірқатар мәселелерін психологиялық-педагогикалық жетілдірумен шектеледі; педагогикалық кадрларды даярлау мен қайта даярлауда, АКТ-ны пайдалануға дайын; қазіргі заманғы ақпараттық желілердің жеткіліксіз саны. Әскери жоғары оқу орындарында кеңінен таратылуына кедергі келтіретін негізгі себеп - әскери кадрларды АКТ-ны дамыту мен пайдалануда оқытуда ақпараттық кадрларды даярлау жүйесінің болмауы.

Қазіргі заманғы білім беру жүйесінің ұйымдастырушылық инфрақұрылымын құру, аппараттық және бағдарламалық қамтамасыз ету, бағдарламалық және әдістемелік әзірлемелер саласындағы стратегиялар мен тактикаларды әзірлеу, оқу үдерісінде ақпараттық-коммуникациялық технологияларды қолдануды қарастыратын бағдарламадағы оқытушылар мен қызметкерлерді оқыту үшін әкімшілік саясат қажет. Біздің зерттеу АКТ құралдарын қолдану арқылы әскери білім берудің тиімділігін арттыруға арналған. Талдау және практикалық нәтижелерінен біз осы критерийлерді пайдалана отырып, АКТ-мен әскери білім берудің тиімділігін арттыруды бағалау мүмкіндігін қарастырамыз:

1. Жоғары оқу орындарының әскери циклінің оқытушыларын АКТ-мен жұмыс істеу

дағдыларына үйрету, электронды әдістемелік қолдау арқылы оларды құру.

2. АКТ-мен жұмыс істеу дағдыларын қалыптастыру, студенттермен бірге оқу тапсырмаларын орындау.

3. Жоғарғы оқу орындарының оқытушылары әскери білім негіздерін тиімді меңгеруін қамтамасыз ететін электрондық материалдарды жасау.

4. Оқу үрдісінде электронды әдістемелік қолдауды ұдайы және тиімді енгізу.

5. Электронды материалдарды талдау, бағалау және жүйелі түрде жетілдіру, АКТ-ны пайдалану арқылы оқу үдерісін әдістемелік қамтамасыз етуді дамыту.

Әскери пәндерді оқыту барысында оқытушылар оқытудың тиімділігін осы критерийлер арқылы бағалауға және талдауға, сондай-ақ нақты жағдайды ескере отырып, электрондық әдістемелік қамтамасыздандыруды жақсартуға мүмкіндік алады.

Электрондық әдістемелік қамтамасыздандыруды құру студенттердің белсенді болуына, олардың танымдық қызығушылығын арттыруға, оқу тапсырмаларын шешуге шығармашылық көзқарас қалыптастыруға ықпал етеді. Бұл оқу үрдісінің тиімділігін арттырады.

Осылайша, АКТ-ны дамыту миллиондаған адамдарға жоғары сапалы білім беру қызметтерін ұсынуды қамтамасыз ететін түбегейлі жаңа білім беру жүйесін құруға әкеледі.

Әскери білім берудегі АКТ-ны жаңа білім беру жүйесін қалыптастыруға бағытталған стратегиялық шешім ретінде қарастырған жөн.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1 Қазақстан Республикасының Президенті Н.Ә.Назарбаевтың «Қазақстанның үшінші жаңғыруы: жаһандық бәсекеге қабілеттілік» атты Қазақстан халқына Жолдауы, 2017 жылғы 31 қаңтар, АСТАНА. ҚазАқпарат.

2 Интернет-технологии – образованию // Под ред. В.Н.Васильева и Л.С.Лисицыной. – СПб.: Питер, 2013. – 152 с.

3 Информационные и коммуникационные технологии в образовании [материал из IrkutskWiki]. – Режим доступа: http://www.wiki.irkutsk.ru/index.php/

4 Руденко Т. В. Дидактические функции и возможности применения информационно-коммуникационных технологий в образовании электронный ресурс] / Т. В. Руденко - Томск, 2006 - Режим доступа: http://ido.tsu.ru/other_res/ep/ikt_umk/.

УДК 378.147:004
ГРНТИ 14.35.07

М. Серік[1] , Н. Карелхан[2]

[1]п.ғ.д., профессор, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан
[2]Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, 6D011100-Информатика мамандығының PhD докторанты, Астана қ., Қазақстан

БІЛІМ БЕРУГЕ АРНАЛҒАН КРОСПЛАТФОРМАЛЫ ҚОСЫМШАЛАР ҚҰРУДА ПАРАЛЛЕЛЬ ЕСЕПТЕУЛЕР ҚОЛДАНУ

Аңдатпа

Қазіргі таңда түрлі аппараттық платформада жұмыс істейтін кросплатформалы қосымшаларды құруды ұйымдастыру көпшіліктің қызығушылығын тудыруда. Сонымен қатар, Windows, Android, iOS, Mac OS X операциялық жүйелерінде жұмыс істейтін білім беруге арналған программалық жабдықтарды оның жүктелу уақытын азайту үшін параллель есептеулерді қолданып құру өзекті мәселелердің бірі. Параллель есептеулер - программаларды құрастырғанда өзара байланысқан есептеу процесстердің жиынтығы ретінде параллель (біруақытта) жұмыс істейтіндей етіп, компьютерлік есептеулерді ұйымдастыру әдісі. Біздің жағдайдағы, RadStudio XE7 ортасында құрастырылған электронды оқу басылымы жүктелетін құрылғының процессорларының барлық ядроларының мүмкіндігін бірден параллель қолданып, оның жүктелу уақытын азайта алатындай мүмкіндікте. Мақалада RadStudio XE7 ортасында параллель есептеулерді қолданып кросплатформалы электронды оқу басылымын құрудың тиімділігі көрсетілген.

Түйін сөздер: параллель есептеулер, кросплатформалы қосымшалар, электронды оқу басылымы.

Аннотация

М. Серік[1], Н. Карелхан[2]
[1]д.п.н., профессор, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан
[2]PhD докторант специальности 6D011100-Информатика Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

СОЗДАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ КРОССПЛАТФОРМЕННЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

В настоящее время создания кросплатформенных приложений вызывают большой интерес. В то же время одним из актуальных вопросов является создание образовательных программных обеспечений с использованием параллельных вычислений который позволяет в значительной степени сократить время загрузки для операционных систем Windows, Android, IOS, Mac OSX. Параллельные вычисления - способ организации компьютерных вычислений, при котором программы разрабатываются как набор взаимодействующих вычислительных процессов, работающих параллельно (одновременно). В нашем случае создание электронного образовательного издания в среде RadStudio XE7, позволяет управлять приоритетом использовая всех ядер процессоров и сократить время загрузки. В статье продемонстрирована эффективность создания кросплатформенных электронных учебных изданий с использованием параллельных вычислений в среде RadStudio XE7.

Ключевые слова: параллельные вычисления, кросплатформенные приложения, электронные учебные издания

Abstract

THE CREATION OF THE EDUCATIONAL CROSS-PLATFORM APPLICATIONS BY THE AID OF PARALLEL COMPUTING

Serik M.[1] , Karelkhan N.[2]
[1]Dr.Sci.(Pedagogical), Professor, L.N. Gumilyev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
[2] PhD student in Computer science at the L.N. Gumilyev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

The organization of parallel computing for creating cross-platform applications is of great interest. At the same time, one of the topical issues is developing educational software using parallel computing that significantly reduces the boot time for Windows, Android, iOS, and Mac OS X operating systems. The article shows the effectiveness of creating cross-platform e-learning editions using Parallel computations in the RadStudio XE7 environment. Parallel computing is a type of computation in which many calculations or the execution of processes are carried out simultaneously. In our case, creating an electronic educational publication in the Rad Studio XE7 environment allows you to control the priority by using all processor cores and reducing the boot time.

Keywords: parallel computing, cross-platform applications, electronic educational publications

Компьютерліктің техниканың дамуы - білім беруді қызықты, әрі ұтымды ұйымдастыруға мүмкіндік береді. Білім берудің әртүрлі формаларын қолданып оқу процесін ұйымдастыруды дамытуға болады. Қазіргі таңдағы қолданушыларға электронды білім беру басылымдарын әр түрлі құрылғыларда қолдану және олардың жүктелу уақытының жылдамдығының аз болуы аса маңызды. Осыған орай электронды білім беру ресурстарын құрастыруда оқытушының педагогикалық шеберлігі мен оқытылатын пәннің ерекшеліктерін ескеретін, сонымен қатар жүктелетін аппараттың барлық мүмкіндіктерін қолданып жылдам жүктелуін қамтамасыз ету қажет. Осындай талаптарды орындай алатын электронды білім беру ресурстарды RadStudio XE7 ортасында параллель есептеулер қолданып құрастыруға болады.

RadStudio XE7 платформасы Windows, Android, iOS, Mac OS X, гаджеттерге өзара байланысқан қосымшалар құруға арналған орта. RadStudio XE ортасында параллель есептеулер қолданып құрастырылатын қосымшаның артықшылығы - құрылғылар әртүрлі (компьютер, планшет, ұялы телефондар) болса да, олардың процессорларының барлық ядроларының мүмкіндігін бірден қолданып параллель жұмыс істету мүмкіндігі.

RadStudio XE7 ортасында электронды білім беру ресурстарын құрастыру үшін ортаның қызметін толық меңгеру қажет және ортаның электронды білім беру ресурстарын құруға арналған компоненттері және олардың қасиеттері мен оқиғаларын қолдана білу керек.

RAD Studio XE7 ортасы URL – де құжаттарды жариялауға және дайындауға ыңғайлы бағдарламалардың бірі болып саналады. RAD Studio XE7 ортасы Web – құжатын дайындауда және өзгертуде стандартты мүмкіндіктерді және де арнайы функцияларды орындайды. Онымен қоса бұл

ортада студенттердің білімін бекітуге және тексеруге арналған электронды тапсырмаларды, анаграммаларды, тесттерді, кроссвордтарды құрастыру жеңіл болады.

Сурет 1. RAD Studio XE7 платформасының мүмкіндіктері [3]

RadStudio XE7 ортасында жоғары өнімді параллель есептейтін VCL және FireMonkey қосымшаларын құруға болады. RadStudio XE7 ортасында енгізілген параллель есептеулер кітапханасы (Parallel Computing Library) *System.Threading.pas* блогында орналасқан. Кросплатформалы қосымшаларды құруда бұл кітапхананың көмегімен параллель есептеулерге болады.

System.Threading.pas блогында орналасқан параллель есептеулер кітапханасының мынадай қызметтері бар:

– *TTask* - кодты жеке ағымда тез және бірнеше есептер тобын жеке бөліктерге бөліп орындауға және есептеулердің соңы аяқталғанша оның нәтижелерін көруді, күтумен ұйымдастыруға мүмкіндік береді.

– *TFuture* - берілген есептеулердің бөлігін қажет болғанға дейін кейінге қалдыруға (күтуге) мүмкіндік береді.

– *TParallel* - жүйеде процессорларының барлық ядроларының мүмкіндігін тиімді қолданатындай цикл ұйымдастыруға мүмкіндік береді.

Онымен қоса параллель есептеулер кітапханасы арқылы:

– асинхронды есептеуге;

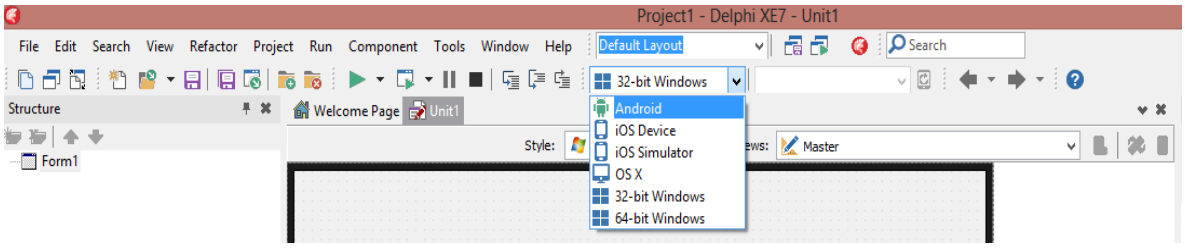
– бірнеше есептерді біріктіре есептеуге болады [4].

RAD Studio XE7 ортасында электронды оқу басылымын құрастыру үшін ортаның қызметін толық меңгеріп, электронды оқу басылымын құруға арналған компоненттердің қасиеттері мен оқиғаларын қолдана білу керек. Бағдарлама интернет жүйесі арқылы оқыту процесін жүргізу үшін қажетті мүмкіндіктердің барлығына ие.

RAD Studio XE7 ортасы C++ немесе Object Pascal программалау тілдерімен жұмыс істейді. Программа құрастырар алдында платформаларды таңдау екі ортада бірдей болып келеді. Программа құрастыру кезінде C++ немесе Object Pascal программалау тілдерінің қайсысын жетік білесіз, соған сәйкес C++ Builder XE7 немесе Delphi XE7 орталарының біреуін таңдап жұмыс істеуіңізге болады. Біздің жағдайда Delphi XE7 таңдалды. Әрі қарай RadStudio XE7 ортасында параллель есептеулерді білім беруде қолдануды практикалық тұрғыда көрсету үшін электронды оқу басылым құру жолын қарастырайық.

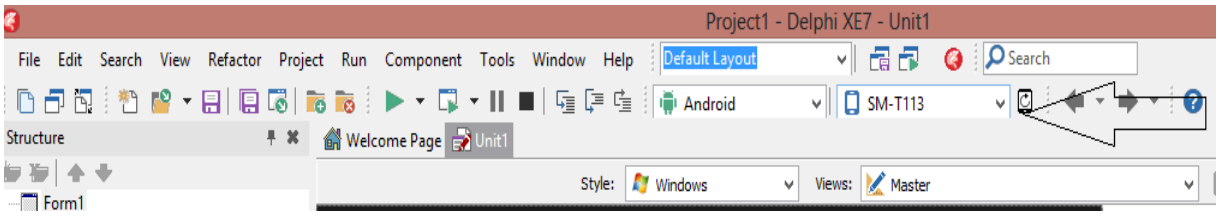
Delphi XE7 ортасында кросплатформалы қосымша құру үшін *File->New->Multi-Device application - >Delphi* командалары орындалады.

Шыққан терезеден *Blank Application* таңдалады. Электронды оқу басылым қолданушыға қажетті платформада жұмыс істеу үшін алдымен платформа түрін таңдаймыз. Кейін жұмыс істейтін құрылғыны программа құрастырылатын компьютерге қосып баптау қажет. Әрі қарай құралдар тақтасынан қажетті операциялық жүйе түрін таңдайсыз [5]. Біздің жағдайда Android (сурет 2).



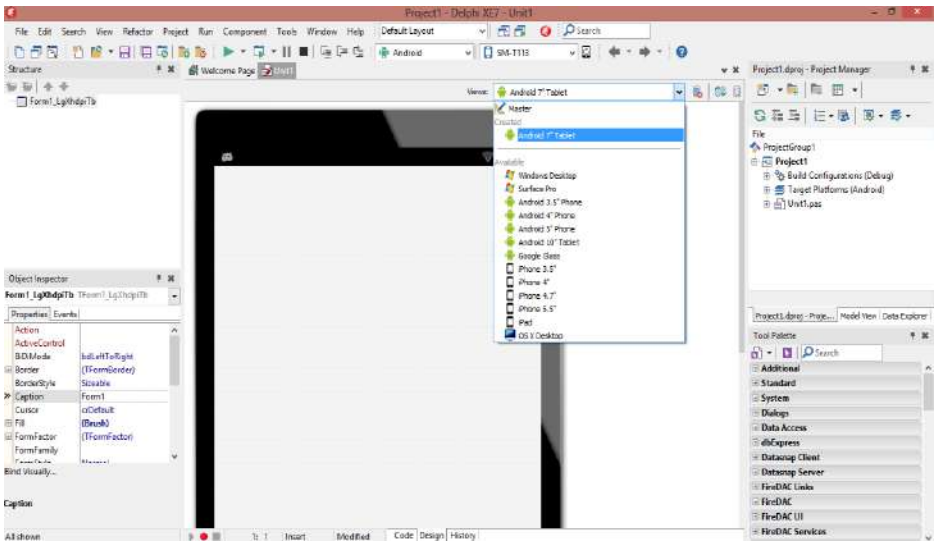
Сурет 2. RAD Studio XE7 ортасында кросплатформалы қосымша құру

Егер қажетті құрылғыны компьютерге дұрыс қоссаңыз, онда жанындағы таңдаудан сол құрылғының атауы шығады. Егер шықпаса, ұялы телефон суреті тұрған *Refresh Device* командасын таңдап жаңартасыз. Біздің жағдайда SM-T113 құрылғысы қосымша құруға дайын (сурет 3).



Сурет 3. Қосылған құрылғының моделін таңдау

Әрі қарай Style бөлімінен де, Andriod таңдайсыз. Ал құрылғыңызды көрсету үшін Views бөлімінен өз құрылғыңыздың түрін таңдайсыз (сурет 4).



Сурет 4. Қажетті құрылғынының пішінін таңдау

Осылайша Radstudio ортасы Android - қа қосымша құруға дайын болды. RAD Studio XE7 ортасында электрондық оқу басылымын Web-құжаттармен байланыстыруға болады. RAD Studio XE7 ортасын электронды оқу басылымының мәтінімен байланыстыру үшін алдымен жаңа Web-құжаттарды жасап алу керек. Біздің жағдайда мынадай Web-құжаттар құрастырылды [6]:

-index.htm – негізгі бет;
-glos.htm – глоссарий;
-lecture.htm – теориялық материалдар;
-prak.htm – практикалық жұмыстар;

-video.htm – бейне сабақтар;

-adeb. htm – қолданылған әдебиеттер.

Ол құжаттарды электрондық оқу басылымның негізгі терезесімен байланыстыруға болады. Ол үшін 1-кестеде келтірілген компоненттерді таңдап, олардың қасиеттерін өзгертіп, оқиғаларына программа кодын жазамыз.

Кесте 1. Қолданатын компоненттердің қасиеттері

Компонент	Қасиеті	Қасиеттің мәні	Оқиға
Form1	-	-	OnGreate
WebBrowser1	-	-	-
SpeedButton1-5	Flat	True	-
SpeedButton1	Caption	Глоссарий	OnClick
SpeedButton2	Caption	Теориялық материалдар	OnClick
SpeedButton3	Caption	Практикалық жұмыстар	OnClick
SpeedButton4	Caption	Бейне сабақ	OnClick
SpeedButton5	Caption	Қолданылған әдебиеттер	-
SpeedButton6	Caption	Негізгі бет	OnClick
SpeedButton7	Caption	Білімді бақылау	OnClick
Memo1	Lines-TStrings	Тазартыңыз (параллель есептеулер қолданғанда жүктелу уақытын бақылау үшін)	-
	Visible	False- программист уақытты өзі бақылау үшін	-

Ол үшін формаға компоненттер тақтасынан WebBrowser компонентін қоямыз. Алдағы уақытта **.html* кеңейтіліміндегі файлдар осы терезеде ашылады. Программа кодын жазбас бұрын модуль бөліміне *ShellApi* -WebBrowser компонентін Web құжатпен байланыстыру үшін және *System.Threading* -параллель есептеулер үшін, *System.Diagnostics* -жүктелу уақытты бақылау үшін жазамыз. Негізгі бет жүктелгенде OnGreate оқиғасының кодтарын [7] *параллель есептеулер* қолданып жазамыз.

```
procedure OpenFile(FileName: string);
 var
   c: array[0..800] of Char;
 begin
   StrPCopy(c,FileName);
   ShellExecute(Application.Handle, 'open', c, nil, nil, SW_NORMAL);
//web құжатпен жұмыс істеуге арналған
 end;
procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
TTask.Run(procedure                  // параллель есептеулер
 var
Stopwatch: TStopWatch;          //жүктелу уақытын бақылау үшін
ElapsedSeconds: Double;
begin
TThread.Synchronize(nil, procedure    //синхронизациялау
begin
Stopwatch := TStopwatch.StartNew;
WebBrowser1.Navigate(z+'index.htm');
      //index.html файлымен негізгі терезені байланыстыру
ElapsedSeconds := StopWatch.ElapsedMilliseconds;
 Memo1.Lines.Add(Format('Жүктелу %:2f миллисекундта жүзеге асты', [ElapsedSeconds]));
 end);  end);
 end;
```

Ал «Теориялық материалдар» SpeedButton1 батырмасының OnClick оқиғасына мынадай код жазамыз:

WebBrowser1.Navigate(z+ 'lecture.htm');

Программа кодын негізгі парақпен байланыстыру үшін *WebBrowser1* компонентінің *Navigate* қасиетін қолданамыз. Сол сияқты кодтар SpeedButton2-SpeedButton6 батырмаларының OnClick оқиғаларына жазылады. Ал білімді бақылауды түрлі әдіспен автоматтандыруға болады. Сонымен қатар электронды оқу басылымға бейнесабақтар, білімді бақылауға арналған ребус, анограммалар, ашық немесе жабық тесттер қосуға болады. Бұл білім алушынға өз беттерімен жұмыс істеуіне жағдай жасайды. Осылай параллель есептеулер қолданып құрастырылған электрондық оқу басылымының негізгі терезесі мынадай (5-сурет) [8]:

Сурет 5. Параллель есептеулер қолданылған электрондық оқу басылымы

Қорыта келгенде, электрондық оқулыққа параллель есептеулер қолдансаңыз жүктелу уақытын процесссордың санына ядро санына байланысты үнемдейсіз. Оны сурет немесе анимациясы бар электронды оқу басылымын қолданған кезде анық көруге болады. Біздің жағдайда осы электронды оқу басылымның тізбектей жүктелген жүктелу уақыты - 62 миллисекунд болса, параллель есептеулер қолданған электронды оқу басылымының жүктелу уақыты - 38 миллисекунд болды. Сондықтан қазіргі таңдағы білім беруге арналған түрлі қосымша құруда аппараттың бар мүмкіндігін қолданатын кросплатформалы программалық жабдықтарды, параллель есептеулер қолданып RadStudio XE7 ортасында құрастыру қолданушылар үшін тиімді болады.

Пайданылған әдебиеттер тізімі:

1 Михалевич В. С. Словарь по кибернетике //Киев: Главная редакция Украинской Советской Энциклопедии имени М. П. Бажана, -1989.- 751 с.

2 Gottlieb, Allan; Almasi, George S. Highly parallel computing //Redwood City, Calif.: Benjamin/Cummings, -1989. – p. 256.

3 Самый быстрый способ разработать кросс-платформенные нативные приложения с гибкой поддержкой облачных сервисов и IoT [Электрон.ресурс]. – 2017.– URL: https://www.embarcadero.com/ru/products/rad-studio/features/design (дата обращения: 07.10.2017)

4 Новые возможности RAD Studio XE7 [Электрон.ресурс]. – 2016.– URL: http://cwer.ws, (дата обращения: 07.02.2017)

5 Как настроить Android и RAD Studio XE7 [Электрон.ресурс]. – 2015.– URL: https://habrahabr.ru/company/delphi/blog/253929 (дата обращения: 07.08.2017)

6 Карелхан Н., Шахманов С. Б. Орта мектепте информатика пәнінен факультатив ретінде оқытуға арналған С++ электрондық оқу басылымын құру. //Білімді ақпараттандыру халықаралық конференция жинағы. Л.Н. Гумилев атынлдағы ЕҰУ, -Астана, 2015, Б. 191-195

7 Nick Hodges. Coding in Delphi / Nepeta Enterprises.- 2014.-219 p.

8 Серік М., Зулпыхар Ж.Е., Шындалиев Н.Т., Бакиев М.Н. Параллель есептеулер (MatLab ортасы)//РУМС ұсынған. - Астана, 2014. - 93 б.

УДК 510.58
ГРНТИ 27.35.45

Б.А. Урмашев[1], С.К. Кызайбаева[2]

[1]д.ф.-м.н., профессор КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
[2]Магистрант по специальности «Информатика» Казахского Национального Университета им.Аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ЗАДАЧ ХИМИЧЕСКОЙ КИНЕТИКИ ДЛЯ МНОГОЯДЕРНЫХ ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРОВ

Аннотация

В данной работе исследуется метод ускорения расчетов химической кинетики на современных высокопроизводительных суперкомпьютерах с использованием ускорителей GPU. Разработана параллельный алгоритм химического превращения за счет физических процессов с использованием математического моделирования и численного моделирования каталитических реакций на современных параллельных программах таких, как MPI и CUDA Technology. В данной работе был исследован эффективность скорости химической реакции и получено сравнительный вычислительный анализ параллельных алгоритмов. В работе представлены ключевые определения и теории, связанные с увеличением вычислительной производительности с применением технологии CUDA. Рассмотрены математическое описание процесса с помощью алгебраических, дифференциальных и интегральных уравнений. Для моделирования математических моделей применялся метод численных уравнений Рунге-Кутта четвертого порядка и закон Амдала для ускорения параллельных вычислений.

Ключевые слова: химическая кинетика, CUDA технология, GPU, метод Рунге-Кутты, эффективность и ускорение параллельной программы.

Аңдатпа
Урмашев Б.А.[1], Қызайбаева С.Қ.[2]
[1] ф.-м.ғ.д., Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-нің профессоры, Алматы қ., Қазақстан
[2]Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-нің магистранты, «Информатика» мамандығы бойынша, Алматы қ., Казақстан

КӨПЯДРОЛЫҚ ГРАФИКАЛЫҚ ПРОЦЕССОРДА ХИМИЯЛЫҚ КИНЕТИКА ЕСЕПТЕРІНІҢ АЛГОРИТМІН ЖАСАУ

Бұл мақалада GPU үдеткіші көмегімен заманауи жоғары өнімді, суперкомпьютерлерде химиялық кинетиканы есептеуді жеделдету әдісі қарастырылған. Параллельді алгоритмді пайдалана отырып химиялық трансформация үшін сандық модельдеу және физикалық процестерді есептеу үшін қазіргі заман талабына сай MPI және CUDA технологиялары көмегімен каталитиялық реакциялар есебі әзірленді. Бұл мақалада химиялық реакция жылдамдығының тиімділігі зерттелді және параллельді алгоритімдердің салыстырмалы есептік анализі алынды. Құжат CUDA технологиясын пайдалана отырып, есептеу өнімділігін арттыруға байланысты негізгі түсініктер мен теорияларды ұсынады. Алгебралық, дифференциалдық және интегралдық теңдеудер арқылы процестің математикалық сипаттамасы қарастырылған. Математикалық модельдерді модельдеу үшін төртінші реттік Рунге-Кутта сандық әдісі және параллель есептеулерді жеделдету туралы Амдаль заңы пайдаланылған.

Түйін сөздер: химиялық кинетика, CUDA технология, GPU, Рунге-Кутта әдісі, параллелді бағдарламаның тиімділігі мен жеделдігі.

Abstract
Urmashev B.A[1], Kyzaibayeva S.K[2]
[1]Dr. Sci.(Phys.-Math), Professor of Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
[2]Student of Master Programme in Computer Science at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

ALGORITHMS DEVELOPMENT OF CHEMICAL KINETICS TASKS FOR MULTIPLE GRAPHIC PROCESSORS

In this work, the method of acceleration of chemical kinetics calculations on modern high-performance supercomputers with GPU accelerators is investigated. It developed a parallel algorithm of chemical transformation due to physical processes using mathematical modeling and numerical modeling of catalytic reactions on modern parallel programs such as MPI and CUDA Technology. This work investigated the efficiency of the chemical reaction rate and comparative computational analysis of parallel algorithms. Moreover, this paper presents key definitions and theories related to the increase in computing productivity with the use of CUDA technology. The mathematical description of

the process is considered by means of the algebraic, differential, and integrated equations. The method of the numerical equations Runge-Kutta fourth order and Amdahl's law for accelerating parallel computations was used to simulate mathematical models.

Keywords: chemical kinetics, CUDA technology, GPU, the Runge-Kutta method, efficiency, and acceleration of the parallel program.

I. Введение

В различных областях современной деятельности возрастает применения сложных вычислительных алгоритмов и методов, предъявляющих высокие требования к вычислительным ресурсам. Для их эффективной реализации используются высокопроизводительные вычислительные системы, включающие в себя специализированные процессоры, так называемые - графические ускорители. Графические модули обработки (GPU) используются в качестве ускорителей из-за высокой производительности. Использование графических процессоров дает возможность разрабатывать новые параллельные алгоритмы для проведения интенсивных математических расчетов. Одной из сегодняшних великих научных задач является повысить производительность, включая оптимизацию памяти, упрощение кода управления и сокращение времени в некоторых задачах в разработке алгоритмов задач химической кинетики для многоядерных графических процессоров. Это поможет определить точность и правильность ускорении в реализации химической кинетики для многоядерных графических процессоров.

Целью данной работы является проведение расчетов графических процессоров с использованием технологий параллельных задач химической кинетики и детально рассмотреть теорию скоростей химических реакций и экспериментальные методы определения констант скорости химических реакций.

В данной работе большое внимание уделяется к построению математических моделей который состоит из системы обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) возникающих в результате кинетических законов скорости. Решение выполняется с помощью технологий CUDA на основе численного метода Рунге — Кутты четвертого порядка чтобы минимизировать время на решение уравнении в задачах химической кинетики.

II. Основные модели химической кинетики

Химическая кинетика — это наука изучает химическую реакцию как процесс, протекающий во времени и по определенному механизму, которая позволяет ускорить или замедлить ход реакции в зависимости от других внешних факторов. Химические превращения взаимосвязаны между скоростью химической реакции и строением молекул реагирующих веществ. В большинстве случаев химические реакции протекают за времена сравнимые с характерными временами потока и процессов молекулярного переноса. Поэтому необходима информация о скоростях химических реакций, т.е. информация, которую предоставляет химическая кинетика. Химическая кинетика определяет:

- как быстро протекает химическая реакция;
- какие химические механизмы происходят в химических превращениях.

Химическая термодинамика устанавливает возможность протекания химического превращения при заданных условиях и позволяет рассчитать конечный результат протекания реакции, однако, в отличие от термодинамики, химическая кинетика изучает протекание химических реакции во времени. То есть термодинамика изучает начальное и конечное состояние системы, а химическая кинетика изменение системы при переходе из начального состояния в конечное состояние, но не отражает механизма процесса. Однако путь перехода системы из начального в конечное состояние может быть достаточно сложным и «извилистым». Изучить кинетику реакции – значит показать, как реально протекает исследуемая реакция, ее механизм, получить зависимость, связывающую скорость реакции с факторами, влияющими на нее.

Химическая кинетика позволяет рассчитать время достижения заданной степени превращения исходных веществ и найти условия, при которых это время будет минимальным, выбрать наиболее эффективные факторы воздействия на скорость протекания реакций. В химических реакциях механизмы состоят из нескольких промежуточных стадий химического превращения, каждая из которых является элементарной химической реакцией. Расчет оптимальных условий проведения реакций, конструирование и расчет эффективных реакторов успешно могут быть осуществлены только с учетом законов химической кинетики.

В настоящее время химическая кинетика является самым важным ключом, на котором держится современная химическая промышленность и, в частности, нефтехимия, нефтепереработка и производство полимеров.

III. Скорость химической реакции

Важнейшим понятием является "скорость химической реакции". Скоростью химической реакции называется изменение концентрации реагирующих веществ в единицу времени при неизменном объеме системы [1]. Скорость химической реакции зависит от многих факторов, среди которых:

- природа и концентрация реагирующих веществ;
- температура;
- давление (для реакций с участием газов);
- присутствие катализаторов;
- среда (для реакций в растворах);

Такие различные факторы могут влиять на скорость реакции. Например, кинетическая энергия молекулы прямо пропорциональна ее температуре, поэтому увеличение температуры приведет к увеличению скорости реакции.

Скорость реакции обычно обозначают символом r (rate - скорость). Скорость реакции выражаются через величину, пропорциональную числу элементарных актов, количество вещества, реагирующего или образующегося за счет реакции в единицу времени в единице объема реакционного пространства. Скоростью образования *i*-го реагента (скорость химической реакции по *i*-му веществу) (r_i) называется изменение количества этого вещества (числа молекул или количества молей) за единицу времени в единице реакционного пространства [2]:

$$r_i = \frac{dn_i}{Rdt}, \tag{3.1}$$

где R — величина реакционного пространства, dn_i — изменение количества молей *i*-го реагента (моль). Различают два типа химических реакций: гомогенные и гетерогенные. Если реакция гомогенная и протекает по всему объему, то реакционным пространством является объем ($R \equiv V$). Если реакция гетерогенная и взаимодействие веществ протекает на границе раздела фаз, то реакционным пространством является поверхность ($R \equiv S$).

Скорость реакции — это модификация количества вещества (исходного или продукта) в единицу времени в единице реакционного объема (V), рассчитанное на единицу его стехиометрического коэффициента (v_i):

$$v = \frac{1}{v_i} r_i = \frac{1}{v_i} \frac{dn_i}{Vdt} = \frac{d\xi}{Vdt}, \tag{3.2}$$

где v_i — стехиометрический коэффициент *i*-го реагента (моль) в уравнении реакции, dξ— называют величиной пробега реакции химической переменной.

Например, для химической реакции

$C + O_2 \rightarrow CO_2$

скорость реакции по веществам будут равны:

$r_C = \frac{dn_C}{Vdt}$; $r_{O_2} = \frac{dn_{O_2}}{Vdt}$; $r_{CO_2} = \frac{dn_{CO_2}}{Vdt}$;

следовательно, скорость запишется следующим образом:

$v = -\frac{dn_C}{Vdt} = -\frac{dn_{O_2}}{Vdt} = \frac{dn_{CO_2}}{Vdt}$;

Скорость по определению является положительной величиной. Величина пробега реакции измеряется в молях и может принимать самые различные значения. Для исходных веществ стехиометрические коэффициенты принимаются отрицательными, потому что концентрации этих веществ со временем в ходе реакции убывают. Таким образом, величина скорости химической реакции всегда положительна, поэтому для исходных веществ $\left(\frac{dn_i}{dt} < 0\right)$стехиометрический коэффициент нужно брать со знаком минус, а для продуктов реакции $\left(\frac{dn_i}{dt} > 0\right)$ - со знаком плюс. Из выражении (3.1) и (3.2) следует, что

$r_i = v_i r.$ (3.3)

Для гетерогенной реакции выражение (3.2) принимает вид

$$r = \frac{1}{v_i}\frac{dn_i}{Sdt}, \quad (3.4)$$

где S- площадь поверхности раздела фаз.

А для скорости гомогенной реакции в закрытой системе выражение не сопровождается изменением реакционного объема, то $\left(\frac{dn_i}{V} = dc\right)$ запишется как

$$r = \frac{1}{v_i}\frac{dc_i}{dt}. \quad (3.5)$$

где c_1 −концентрация i −го реагента, V −объем системы, V −также может являться функцией от t.

Выражение (3.5) используется для расчета скорости реакции в виде производной концентраций вещества по времени. Здесь нужно отметить, что при $V = const$ реакционный объем Vможно внести под знак дифференциала.

IV. Построение математических моделей задач химической кинетики

В данной главе описывается кинетическая закономерность протекания химической реакции, которую можно сравнить с методом математического моделирования.

Численное моделирование становится все более важным элементом исследования процессов в химической кинетике, так как в численном моделирований рассчитывается каждый шаг более детально для сравнения с итогами численных расчетов. Построение численного моделирования очень необходимо, так как сравнение результатов позволяет выявить новые неизвестные химические реакций и новые явления. Именно такое последовательное сравнение результатов численного моделирования с экспериментом и является основой прогресса исследований процессов горения. Для получения приближенных решений за приемлемое время необходимо построить модельную систему уравнений, в которой некоторые члены должны быть исключены или упрощены. Только опыт, приобретаемый при сравнении результатов предсказаний численных расчетов с экспериментом, позволяет определить, какой член может быть исключен из системы уравнений, поскольку его вклад в конечный результат пренебрежимо мал.

Разберем в качестве примера простую цепочку с помощью дифференциальных уравнений, состоящую из химической реакций:

$$2A \xrightarrow{k_{12}} B \xrightarrow{k_{23}} C. \quad (4.1)$$

Кинетические уравнения, описывающие скорость изменения во времени концентраций компонентов *A*, *B* и *C*, в этом случае примут следующий вид:

$$\frac{d[A]}{dt} = -2 \cdot k_{12}[A], \quad (4.2)$$

$$\frac{d[B]}{dt} = k_{12}[A] - k_{23}[B], \quad (4.3)$$

$$\frac{d[C]}{dt} = k_{23}[B]. \quad (4.4)$$

Таким образом, кинетические модели гомогенных химических реакций представляют системы обыкновенных дифференциальных уравнений материального баланса. В результате решения системы дифференциальных уравнений получим зависимости изменения концентраций химических реагентов во времени [3]. Допустим, что в момент во времени $t = 0$ в системе присутствует только компонент A, то относительно с начальными условиями $[A]t = 0 = [A]0$, $[B]t = 0 = 0$ и $[C]t = 0 = 0$ получим аналитическое решение следующего вида:

$$[A] = [A]_0 \exp(-k_{12}t),$$

$$[B] = [A]_0 \frac{k_{12}}{k_{12} - k_{23}} \{exp(-k_{23}t) - exp(-k_{12}t)\},$$

$$[C] = [A]_0 \{1 - \frac{k_{12}}{k_{12} - k_{23}} exp(-k_{23}t) + \frac{k_{23}}{k_{12} - k_{23}} exp(-k_{12}t)\}. \quad (4.5)$$

Это решение можно проверить путем подстановки в уравнения (4.2) - (4.4). В качестве примера предполагается, что компонент B — очень реакционноспособный и, таким образом, он имеет очень короткое время жизни (т.е. $k_{23} \gg k_{12}$).

Так как компонент B −очень реакционноспособный, скорость расходования компонента B приблизительно равна скорости образования B, так что в первом приближении можно записать следующее соотношение (квазистационарное приближение):

$$\frac{d[B]}{dt} = k_{12}[A] - k_{23}[B] = 0. \quad (4.6)$$

После интеграции компонента во времени получаем:

$$[A] = [A]_0\, exp\,(-k_{12}t). \quad (4.7)$$

Используя квазистационарное приближение (2.6) можно получить простое уравнение:

$$\frac{d[C]}{dt} = k_{12}[A].$$

Подстановка соотношения (4.7) приводит к следующему дифференциальному уравнению:

$$\frac{d[C]}{dt} = k_{12}[A]_0 exp\,(-k_{12}t),$$

которое можно проинтегрировать и получить, соотношение

$$[C] = [A]_0(1 - exp\,(-k_{12}t)). \quad (4.8)$$

Поведение во времени концентраций, вычисленных по соотношениям (4.6) - (4.8), является аппроксимацией, полученной из системы уравнений (4.2) - (4.4) с использованием предположения о квазистационарности по концентрации компонента B.

Каждый из атомов – радикалов хлора реагирует с молекулой водорода, образуя хлороводород и атом – радикал водорода H. В свою очередь радикал водорода реагирует с молекулой Cl_2, образуя хлороводород и атом - радикал Cl и т.д. Для кинетического описания реакций рассмотрим процесс горения водорода в хлоре:

$$Cl_2 + M \rightarrow Cl + Cl + M,$$
$$Cl + H_2 \rightarrow HCl + H,$$
$$H + Cl_2 \rightarrow HCl + Cl,$$
$$Cl + Cl + M \rightarrow Cl_2 + M. \quad (4.9)$$

Используя вышеуказанное предположение о квазистационарности, получаем уравнения для реакций кинетических задач H и Cl:

$$\frac{d[Cl]}{dt} = 2k_1[Cl_2][M] - k_2[Cl][H] + k_3[H][Cl_2] - 2k_4[H]^2[M] = 0,$$
$$\frac{d[H]}{dt} = k_2[Cl][H_2] - k_3[H][Cl_2] = 0, \quad [H] \approx \frac{k_2[Cl][H_2]}{k_3[Cl]_2}.$$

Сложение этих уравнений для скорости позволяет получить выражение для концентрации Cl:

$$k_4[Cl]^2 = k_1[Cl_2],\ [Cl] = \sqrt{\frac{k_1}{k_4}[Cl_2]}.$$

А для скорости HCl получим следующее выражение:

$$\frac{d[HCl]}{dt} = k_2[Cl][H_2] + k_3[H][Cl_2] = 2k_2[Cl][H_2] =$$
$$= 2k_2\sqrt{\frac{k_1}{k_4}[Cl_2]}^{1/2}[H_2] = k_{\text{пол}}[Cl_2]^{1/2}[H_2]. \quad (4.10)$$

Используя исходные данные (H_2 и Cl_2) через концентрации получили скорость хлороводорода. Используя квазистационарные данные получили результаты несмотря на то, что исходная система кинетических уравнений представляет собой систему связанных между собой дифференциальных уравнений, которую нельзя решить аналитически. Кроме того, пример реакции водорода с хлором показывает, что суммарная реакция

$$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl \quad (4.11)$$

не подчиняется закону второго порядка по концентрации.

V. Описание параллельных алгоритмов

В этом проекте основное внимание уделяется на ускорение и эффективность задач химической кинетики для многоядерных графических процессоров. Основной мерой производительности распараллеливания является скорость (speedup) S_p, определяемая как отношение времени последовательного к времени параллельного выполнения программы на одном процессоре:

$$S_p = \frac{T_1}{T_p},$$

где T_1 – время выполнения программы на одном процессоре, T_p – время выполнения программы на p вычислительных процессорах.

Близко по смыслу к показателю ускорения связано слово эффективность (efficiency). E_p – отношение ускорения программы на многопроцессорном компьютере к числу процессоров. Если

ускорение показывает, насколько параллельное выполнение быстрее последовательного, то эффективность показывает, насколько хорошо программа использует вычислительные ресурсы системы. Формула эффективности выражается следующим образом:

$$E_p = \frac{S_p}{p}.$$

При расчете ускорения нужно использовать для сравнения самый лучший последовательный алгоритм и самый быстрый последовательный код. Для определения параллельных вычислений на нескольких процессорах использовался закон Амдала [6]:

$$S_p \leq \frac{1}{\alpha + \frac{1 - \alpha}{p}},$$

где α – часть кода, которую можно распараллелить, p – число параллельных процессоров.

Для решения системы обыкновенных дифференциальных уравнений (4.2), (4.3) и (4.4) использовался метод Рунге — Кутта четвертого порядка с фиксированным шагом интегрирования [4]. Величина шага адаптируется к скорости изменения функции решения. Данный метод является самым точным и позволяет эффективно находить решения уравнений химической кинетики. Реализованный алгоритм химической кинетики решается на графических ускорителях с помощью технологии CUDA. Применение технологии CUDA позволяет дополнить существующие технологии распараллеливания.

CUDA (англ. Compute Unified Device Architecture) – это архитектура параллельных вычислений, предложенная от фирмы NVIDIA, позволяющая существенно увеличить вычислительную производительность благодаря использованию GPU (графических процессоров) [5]. В GPU реализованы явные методы Рунге-Кутта, в то время как неявные методы Рунге-Кутта были реализованы в кластерах. На каждом этапе сначала отделяется вычисления, когда неявные методы реализовываются в графических процессорах. Основное внимание уделялся на повышение эффективности программ за счет оптимизации самих алгоритмов и благодаря их распараллеливанию временных матричных операций. Гибридная вычислительная система, включающая как хост, так и устройство, была разработана для эффективного выполнения разделов по времени и линейной алгебре. В последовательном алгоритме выполняется итерация для определенного количества N шагов, чтобы учесть последствия синхронизации и затрат времени. Для реализаций программного кода записывается начальный момент времени и конечный момент времени, шаг интегрирования, концентрации веществ A, B и C в начальный момент времени и константа скорости химической реакции. Как видно, система состоит из трех дифференциальных уравнений, поэтому для точности применяется формула Рунге-Кутта к каждому из этих уравнений. На рисунке 1 иллюстрируется блок - схема с простым методом дифференциального уравнения.

Для этого создается отдельная функция, которая будет содержать дифференциальные уравнения и вызываться каждый раз, когда нужно будет посчитать значение уравнения в заданной точке. Далее создается еще одна функция с массивами для параллельного программного кода, где вычисляется система ОДУ по методу Рунге-Кутта. Вычисление нового значения проходит в четыре стадии, применяя начальные данные на каждом этапе. При каждом повторении цикла будем увеличивать переменную i на 1 при помощи инструкции i++. Таким образом, получаем итерационный цикл, зависящий от времени. Цикл будет длиться до тех пор, пока не будет достигнуто конечное значение времени.

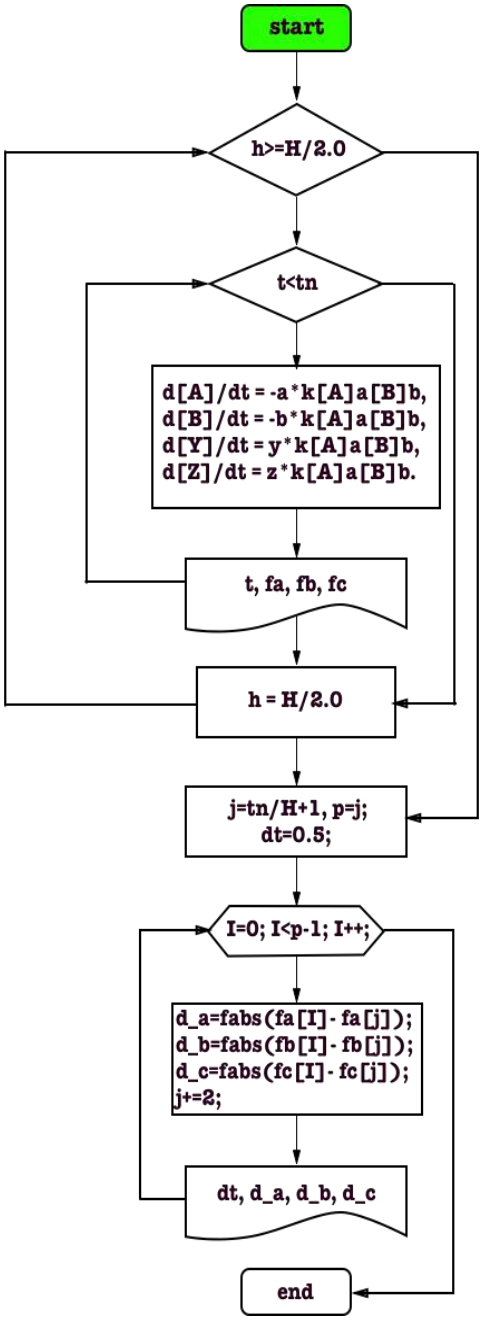


Рисунок 1. Блок - схема программного приложения с методом Рунге - Кутта IV порядка

VI. Заключение

В данной работе были рассмотрены основные законы химической кинетики. Для кинетического описания функций применялся процесс горения водорода в хлоре. В ходе процесса для численного интегрирования системы ОДУ, описывающих процесс химической кинетики использовался метод Рунге—Кутта, которая позволила эффективно интегрировать дифференциальные уравнения. А так же была разработана эффективный алгоритм с использованием закона Амдала на современных высокопроизводительных компьютерах, где с помощью CUDA технологий значительно увеличилась вычислительная производительность благодаря использованию графических процессоров. В конечном итоге из полученных данных была разработана алгоритм задач химической кинетики для многоядерных графических процессоров.

Список использованной литературы

1 Бартко, Ж. В. Скорость химической реакции. Химическое равновесие / Ж. В. Бартко. // Современный урок. – 2012. – №4. – С. 21-28.

2 Краснов, К. С. Физическая химия / К. С. Краснов, Н. К. Воробьев, И. Н. Годнев. – : Высшая школа, 2001. – 319 с.

3 Warnatz, J. Combustion. Physical and Chemical Fundamentals,. Modeling and Simulation, Experiments,. Pollutant Formation / J. Warnatz, U. Maas, R. W. Dibble. – Germany : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2001. – 388 с.

4 Материал из Википедии — свободной энциклопедии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/___, свободный. – Загл. с экрана.

5 CUDA Toolkit Documentation - v9.1.85 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.nvidia.com/cuda/cuda-c-programming-guide/index.html#document-structure, свободный. – Загл. с экрана.

6 dr.dobb's [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.drdobbs.com/parallel/amdahls-law-vs-gustafson-barsis-law/240162980?pgno=2, свободный. – Загл. с экрана.

УДК 550.3:004
ГРНТИ 37.01.85

А.К. Утелбаева[1], С.С. Алишева[2], Н.Ж. Рахымбек[3]

ПОДПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ «БИБЛИОТЕКА»

[1,2,3] Старший преподаватель, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова г. Шымкент, Казахстан

Аннотация

В результате данной работы с помощью объектно-ориентированной среды программирования Delphi 6 была создана база данных библиотеки, при помощи которой разработаны 2 функциональные таблицы, предназначенные для хранения информации об изданиях и читателях. Во всех таблицах для каждого атрибута выбран соответствующий тип данных и оптимальный размер хранимых в этом поле данных. Разработка логической структуры базы данных также включает в себя определение и создание индексов для ключевых и не ключевых полей таблиц, определение и создание связей между таблицами, необходимых для работы запросов. В итоге получена законченная, логическая структура базы данных, состоящая из двух таблиц, связанных между собой с помощью индексированных полей. Для решения поставленной задачи, в которой предусматривается ввод, хранение и обработка информации о библиотечных изданиях и данных о читателях, создадим две таблицы. Рассмотрели структуры этой базы данных.

Ключевые слова: база данных, модуль программы, формы, компонент, ООП Delphi 6, библиотека

Аңдатпа

А.К. Утелбаева[1], С.С. Алишева[2], Н.Ж. Рахымбек[3]

[1,2,3] М.Әуэзов атындағы Оңтүстік Қазақ мемлекеттік университетінің аға оқытушысы, Шымкент қ., Қазақстан

«КІТАПХАНА» АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕСІН БАСҚАРУДЫҢ ІШКІ БАҒДАРЛАМАСЫ

Осы жұмыстың нәтижесінде Delphi 6 объектіге бағытталған бағдарламалау ортасын қолдану арқылы кітапхана базасы құрылды, оның көмегімен басылымдар мен оқырмандар туралы ақпаратты сақтауға арналған 2 функционалдық кесте әзірленді. Барлық кестелерде әрбір төлсипат бойынша тиісті деректер түрі және осы өрістe сақталған деректердің оңтайлы өлшемі таңдалады. Логикалық құрылымдардың базалық деректерін әзірлеу сонымен қатар кілттер және кілттер кестелерін жасау үшін индекстелген және анықтайды, анықтамалық кестелермен байланыс жасайды және сұратуға арналған жұмыс жасамайды. Индексацияланған, логикалық құрылымы базалық деректерді алу, екі кестеден тұратын, индексацияланған өріс көмегімен байланыстырылған өзара байланысты. Тапсырыс берілетін тапсырмаға қатысты, оқулықтар мен оқулықтар туралы ақпаратты өңдеу және құрастырылған екі кесте алдын ала қарастырылды. Бұл деректер базасында деректер құрылымы қарастырылған.

Түйін сөздер: Мәліметтер қоры, программа модулі, форма, компонент, Delphi 6 ОББ, кітапхана

Abstract

SUBPROGRAMME OF MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM "LIBRARY"

Utelbayeva A.K.[1], Alisheva S.S.[2], Rahymbek N.Zh[3]

[1,2,3] Senior Lecturer, M.Auezov South Kazakh State University, Shymkent, Kazakhstan

As a result of this work, a library database was created using the Delphi 6 object-oriented programming environment, with the help of which 2 functional tables designed for storing information about editions and readers were developed. In all tables, the appropriate data type and the optimal size of the data stored in this field are selected for each attribute. The logical structure of the database also includes the definition and creation of indexes for the

keyframe and key file tables, the definition and creation of links between tables, and unlabeled for router queries. In this case, the logical structure of database files, which consists of two tables, is related to the indexed pole. To solve this problem, you must look at the information, search and edit information about library books and information, and create two tables. She looked at the structure of the database.

Keywords: base data, modular software, form, component, OOP Delphi 6, library

Становление рыночных отношений определяется повышением уровня управления экономикой. Управление следует рассматривать как информационный процесс, происходящий между органами управления, управляемым объектом и внешней средой.

Под информацией понимается совокупность различных сообщений об изменениях, происходящих в системе и окружающей среде. Процесс управления включает сбор, обработку и передачу информации для выработки управляющих решений. Информация является предметом труда и одновременно средством и продуктом труда в управленческой деятельности.

Показатель – логическое высказывание, содержащее качественную и количественную характеристики отображаемого явления. Показатель является минимальной по составу информационной совокупностью для образования самостоятельного документа. В документах, как правило, содержится большое количество показателей. Совокупность показателей, содержащихся в документе, образует информационное сообщение. Группа однородных документов, объединенных по определенному признаку (например, отчетному периоду), составляет информационный массив (файл). Файл является основной структурной единицей при автоматизированной обработке. Запись информации в память персонального компьютера (ПК) осуществляется по файлам, где выделяют файлы постоянной и переменной информации.

Данными принято называть информацию, представленную в формализованном виде, позволяющем передавать ее, хранить на различных носителях и обрабатывать.

Таким образом, каждому показателю соответствует множество конкретных значений – данных, которые после автоматизированной обработки приобретают экономический смысл, снова становятся информацией, которая используется для формирования управляющих решений.

Для создания информационной системы для автоматизации учета выдачи и возврата книг в библиотеке была выбрана интегрированная среда разработки Delphi 6 для WINDOWS – приложений. Разработанная информационная система предназначена предоставлять оперативную информацию для руководства, подготавливать информацию для дальнейшего анализа, снижать объёмы бумажного документооборота и пр.

Менеджмент обеспечивается огромным объемом информации, размер которой постоянно увеличивается. Например, в сфере управления крупного предприятия обращается несколько десятков тысяч показателей, несколько миллионов материальных и трудовых нормативов, а в ходе производства создаются тысячи документов, над которыми выполняются различные операции преобразования.

Управленческую информацию классифицируют по различным признакам:

- источникам возникновения: первичная и производственная (промежуточная, командная, отчетная);
- способу фиксации: устная и документированная;
- способу выражения: цифровая и алфавитная;
- характеру фиксации данных: фиксируемая и нефиксируемая;
- направлению движения: входящая и исходящая;
- стабильности: переменная и условно – постоянная (прейскуранты цен, нормативы);
- функциям управления;
- принадлежности к сферам деятельности и функциям управления: конструкторская, технологическая, финансовая, бухгалтерская, планово-экономическая, оперативно-производственная;
- времени возникновения: о прошлых, текущих и будущих событиях.

Информационное обеспечение (ИО) – важнейший элемент ИС и ИТ – предназначено для отражения информации, характеризующей состояние управляемого объекта и являющейся основой для принятия управленческих решений [3].

Информационное обеспечение включает совокупность единой системы показателей, потоков информации – вариантов организации документооборота; систем классификации и кодирования экономической информации, унифицированную систему документации и различные

информационные массивы (файлы), хранящиеся в машине и на машинных носителях и имеющие различную степень организации.

Цель разработки ИО ИТ – повышение качества управления организацией на основе повышения достоверности и своевременности данных, необходимых для принятия управленческих решений.

Основное направление ИО – обеспечивать такую организацию и представление информации, которые отвечали бы любым требованиям пользователей, а также условиям автоматизированных технологий.

Назначение информационного обеспечения обусловливает и требования, предъявляемые к нему:

- представлять полную, достоверность и своевременную информацию для реализации всех расчетов и процессов принятия управленческих решений функциональных подсистемах ИТ с минимумом затрат на ее сбор, хранение, поиск, обработку и передачу;
- обеспечивать взаимную увязку задач функциональных подсистем на основе однозначного формализованного описания их входов и выходов на уровне показателей и документов;
- предусматривать эффективную организацию хранения и поиска данных, позволяющую формировать данные в рабочие массивы под регламентом задачи и функционировать в режиме информационно – справочного обслуживания;
- в процессе решения экономических задач обеспечивать совместную работу управленческих работников и компьютера в режиме диалога.

Для решения поставленной задачи, в которой предусматривается ввод, хранение и обработка информации о библиотечных изданиях и данных о читателях, создадим две таблицы. Одну таблицу назовем chitat.db – в ней будет храниться картотека читателей, а другую таблицу назовем books.db - в этой таблице будет находиться библиотечный каталог. Рассмотрим структуры этой базы данных.

Здесь обе базы данных проиндексированы и связаны по полю – номер читательского билета, причем одной записи базы данных chitat.db могут соответствовать несколько записей из базы данных books.db (связь «одна-ко-многим»). С помощью этой базы данных можно будет вести картотеку читателей библиотеки и контроль над выдачей и возвратом книг, а также вести учет поступления новых изданий в библиотеку. В данном случае используется связь один ко многим, когда одной записи в главной таблице может соответствовать несколько записей в подчиненной таблице. Такая связь также называется мастер-детальный. При перемещении в главной таблице текущего указателя на какую-либо запись, в подчиненной таблице становятся доступными записи, значения полей связи которых равны значению поля связи текущей записи главной таблицы. В рассматриваемой базе данных таблица chitat.db будет главной, а таблица books.db – подчиненной.

Все данные, находящиеся в базе данных, можно представить в виде записей или объектов. Записи одного типа внутри базы данных хранятся в таблицах. Для обеспечения целостности данных между записями каждой из таблиц устанавливаются ссылки. Процесс проектирования базы данных, заключается, в первую очередь, в определении состава полей её таблиц и связей между таблицами. Delphi не имеет своего собственного формата таблиц, но содержит средства, позволяющие работать со многими внешними форматами. В число локальных таблиц баз данных, поддерживаемых средой Delphi, входят таблицы Paradox. Выбор базы данных Paradox объясню тем, что эти таблицы содержат достаточно большое число типов полей, поддерживают целостность ссылок, автоматически проверяют вводимые данные на совместимость по типу и поддерживают парольную защиту данных.

Используя компоненты Delphi, построим небольшую базу данных для библиотеки. С ее помощью можно будет автоматизировать работу библиотеки, быстро найти нужную книгу, внести в каталог вновь поступившие книги, вести учет выдачи и возврата книг читателям, хранить данные о читателях.

Для решения задачи, поставленной в базе данных достаточно построить 2 таблицы:

Chitat.db – в этой таблице будут храниться данные о читателях, т.е. ф.и.о. читателя, адрес, телефон и др.

Books.db – в этой таблице будут данные о книгах, имеющихся в библиотеке, т.е. автор, название книги, год издания, инвентарный номер, дата выдачи и дата возврата книги и т.д. [2].

Для этой таблицы построим индексный файл Nom_chit по одноименному полю из таблицы базы данных books.db.

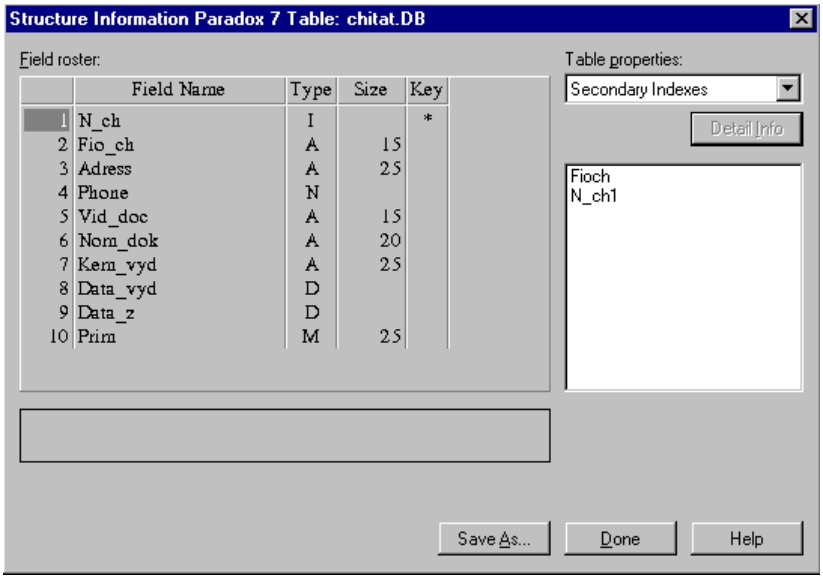


Рисунок 1. Структура таблицы chitat.db

Для создания этих таблиц воспользуемся программой Database Desktop, входящей в структуру объектно-ориентированной среды программирования Delphi. В Database Desktop выберем команду File-New-Table (Файл-Новый-Таблица) и создадим структуру файла chitat.db, в которой будут храниться сведения о читателях. Для создания базы данных используем СУБД Paradox 7, которая автоматически предлагается программой Database Desktop. Структура файла chitat.db во время проектирования показана на рисунке 1.

Для этой таблицы с помощью этого же окна создаем два индексных файла. Это – Fioch и N_ch1. Индексные файлы в дальнейшем понадобятся для упорядочивания данных и для связывания таблиц. Fioch – этот индексный файл построен по полю, в котором хранятся Ф.И.О. читателей, а индексный файл N_ch1- по номеру читательского билета.

Вторую таблицу books.db построим также как и первую. На рисунке 2 изображена структура файла books.db во время ее проектирования в программе Database Desktop.

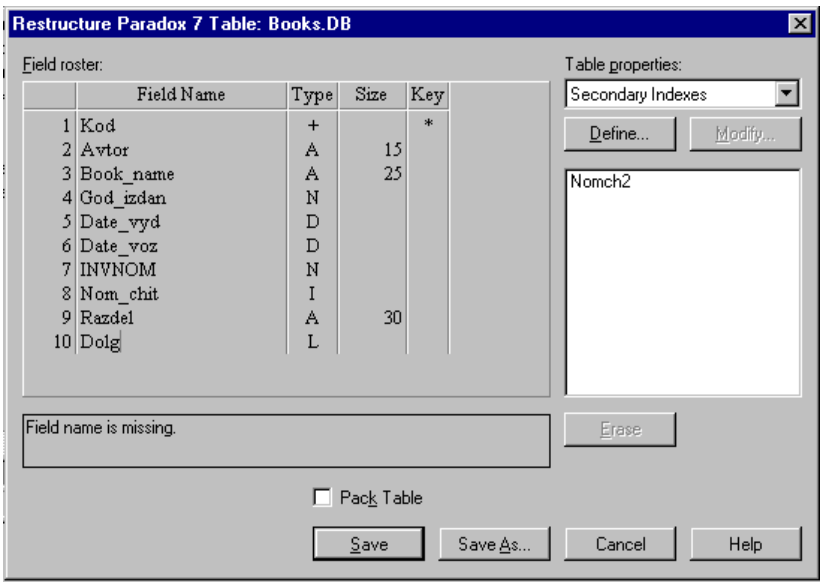


Рисунок 2. Структура таблицы books.db

Для этой таблицы построим индексный файл Nom_chit по одноименному полю из таблицы базы данных books.db. Для этого щелкнем по кнопке “Define” и в открывшемся диалоговом окне, изображенном на рисунке 3, выберем поле Nom_chit. После этого надо проставить флажок в окошке «Maintained» и нажать на кнопку ОК. Обе эти таблицы сохраним в папке C:\Bibleprog\Base. Путь к этим файлам также установим с помощью алиаса (псевдонима) BIBLE [1].

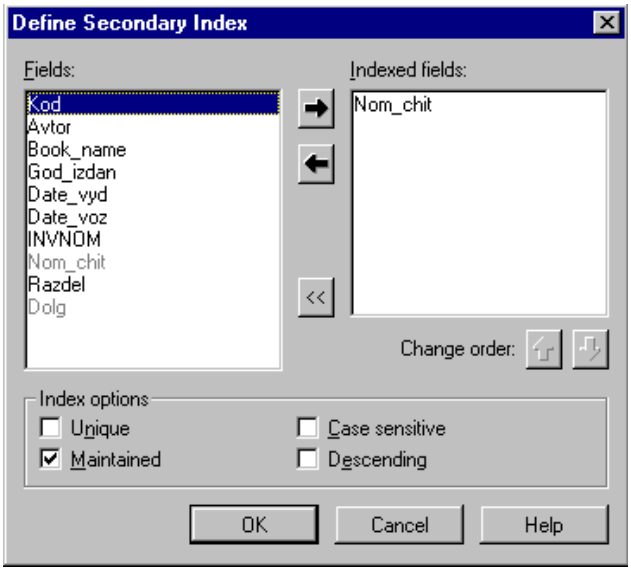


Рисунок 3. Выбор полей для создания индексов

В процессе разработки данной работы были получены следующие результаты:

Разработаны 2 функциональные таблицы, предназначенные для хранения информации об изданиях и читателях. Во всех таблицах для каждого атрибута выбран соответствующий тип данных и оптимальный размер хранимых в этом поле данных.

Разработка логической структуры базы данных также включает в себя определение и создание индексов для ключевых и неключевых полей таблиц, определение и создание связей между таблицами, необходимых для работы запросов. В итоге получена законченная, логическая структура базы данных, состоящая из двух таблиц, связанных между собой с помощью индексированных полей.

Список использованной литературы

1 Нил Дж. Рубенкинг Язык программирования Delphi для "чайников". Введение в Borland Delphi 2006 = Delphi for Dummies. — М.: «Диалектика», 2007. — С. 336. — ISBN 0-7645-0179-8

2 Хавьер Пашеку Программирование в Borland Delphi 2006 для профессионалов = Delphi for .NET Developer's Guide. — М.: «Вильямс», 2006. — С. 944. — ISBN 0-672-32443-X

3 Вальвачев А.Н., Сурков К.А., Сурков Д.А., Четырько Ю.М. Программирование на языке Delphi. Учебное пособие. — 2005. Фаронов В.В. Turbo Pascal 7.0. Учебное пособие. М.,Нолидж,1998

УДК 550.3:004
ГРНТИ 37.01.85

А.К. Утелбаева[1], М.М. Турганбекова[2], Д.Т. Белесова[2]

АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА РАБОТЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «БИБЛИОТЕКА»

[1,2,3] Старший преподаватель, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова г. Шымкент, Казахстан

Аннотация

Использование самых современных компьютерных технологий приносит предприятиям крупные прибыли и помогает им победить в конкурентной борьбе. Любая автоматизированная система представляет из себя сложный аппаратно-программный комплекс, состоящий из множества взаимосвязанных модулей. В результате данной работы с помощью объектно-ориентированной среды программирования Delphi 6 была создана база данных библиотеки, при помощи которой можно легко найти необходимую книгу, вести учет поступления новых книг, а также осуществлять контроль над выдачей и возвратом книг, имеющихся в фонде библиотеки, вести картотеку читателей, вводить и редактировать данные читателей. Для данной структуры базы данных,

разработаны структура и функциональные модули информационной системы, получен интерфейс пользователя, позволяющий пользователю работать с базой данных. Всего создано 8 оконных форм.

Ключевые слова: база данных, модуль программы, формы, компонент, каталоге книг, библиотека

Аңдатпа

А.К. Утелбаева[1], М.М. Турганбекова[2], Д.Т. Белесова[2]

[1,2,3] М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақ мемлекеттік университетінің аға оқытушысы, Шымкент қ., Қазақстан

«КІТАПХАНА» АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕСІНІҢ ЖҰМЫСЫН ЕСЕПКЕ АЛУДЫ АВТОМАТТАНДЫРУ

Көптеген заманауи компьютерлік технологияларды пайдалану үшін компанияларға көптеген артықшылықтар береді және оларға бәсекелестік пікір таластарда жеңуге көмектеседі. Осы жұмыстың нәтижесінде Delphi 6-ға объектілі-бағдарлы бағдарламалау ортасын пайдалану арқылы кітапхана базасы құрылды, оған қажетті кітапты оңай табуға, жаңа кітаптарды қадағалауға және кітапханадағы кітаптарды беру мен қайтаруды бақылау жасау, оқырмандардан деректерді енгізу және өңдеу. Бұл деректер қоры құрылымы үшін ақпараттық жүйенің құрылымы мен функционалдық модульдері әзірленді, пайдаланушыға деректер базасымен жұмыс істеуге мүмкіндік беретін пайдаланушы интерфейсі алынды. Жетілдірілген дерек қордың қозғалтқышы, кіріктірілген құрылымы және функционалдық модульдер ақпараттық жүйесі, пайдаланушының негізгі деректермен жұмыс істеуіне мүмкіндік беретін қол жетімді пайдаланушы интерфейсі дерек қорға енгізілді. Барлық 8 фигуралар құрылды.

Түйін сөздер: Деректер қоры, бағдарламалық модуль, формалар, компонент, кітап каталогы, кітапхана.

Abstract

AUTOMATION OF CHECKING WORK OF THE INFORMATION SYSTEM "LIBRARY"

Utelbayeva A.K.[1],Turganbayeva M.M.[2], Belesova D.T.[3]

[1,2,3] Senior Lecturer, M.Auezov South Kazakh State University, Shymkent, Kazakhstan

The use of most modern computer technologies gives companies many advantages and helps them win the competitive debate. As a result of this work, using the object-oriented programming environment of Delphi 6, a library database was created, with which you can easily find the necessary book, keep track of new books, and control the issuance and return of books in the library, card readers, enter and edit data from readers. For this database structure, the structure and functional modules of the information system have been developed, and a user interface has been obtained that allows the user to work with the database. Advanced database engine, built-in structure, and functional modules information system, accessible user interface, allowing the user to work with base data. All of the 8 shapes are created.

Keywords: database, program module, forms, component, book catalog, library

Использование самых современных компьютерных технологий приносит предприятиям крупные прибыли и помогает им победить в конкурентной борьбе. Любая автоматизированная система представляет из себя сложный аппаратно-программный комплекс, состоящий из множества взаимосвязанных модулей. От правильного использования новых информационных технологий зависит эффективность и надежность функционирования предприятия.

Данная работа посвящена созданию и ведению базы данных библиотеки. Показаны несколько модулей и описание работы модулей.

С помощью команды Delphi File-New-Application откроем новое приложение. Новой форме Form1 с помощью Инспектора Объектов в свойстве Name зададим имя FmStat. Через свойство Caption данной формы введем заголовок «Сведения о читателях».

Программный модуль этой формы сохраним под названием fstat.pas. На рисунке 1 можно увидеть форму модуля fstat.pas – это главная форма ПО ИС «Библиотека».

Модуль fstat.pas Из главной модуля программы можно получить доступ к остальным модулям приложения и одновременно просматривать список пользователей библиотеки. Вид формы этого модуля программы показан на рисунке 2.

Модуль Ukart.pas Для ввода данных о читателе в таблицу chitat.db создадим новую форму и назовем ее FmKart. Этой форме в программном коде соответствует модуль Ukart.pas. Эта и все другие формы, вызываемые для показа из главного окна, будут открываться в модальном режиме, т.е. для того, чтобы посмотреть содержимое других форм, надо сначала данную форму закрыть. Вид формы модуля Ukart.pas изображен на рисунке 2. Эта форма выполняет функцию электронной карточки читателя [1].

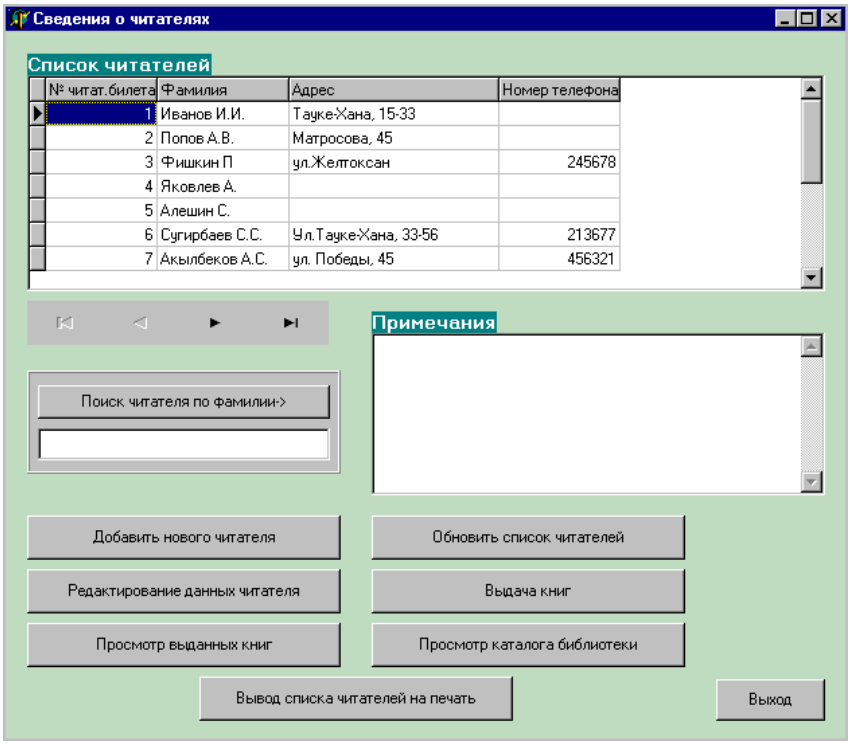


Рисунок 1. Вид главной формы приложения

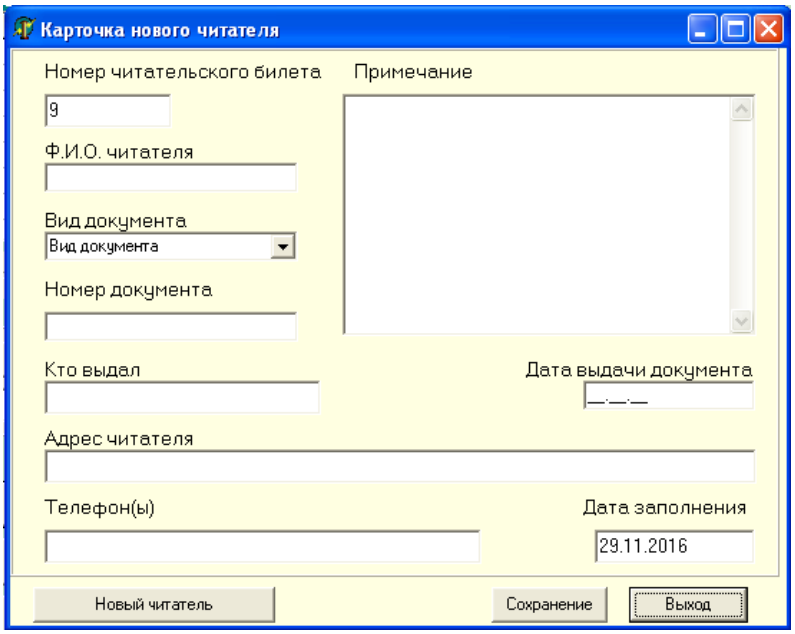


Рисунок 2. Вид модуля Ukart.pas

Модуль Uredakt.pas Для того чтобы можно было изменять данные читателя, создадим новую форму и назовем ее FMRedakt, в программном модуле этой форме соответствует модуль Uredakt.pas. Отличие данной формы от предыдущей заключается в том, что на ней вместо компонентов Tedit установлены компоненты DBEdit, которые привязаны к полям таблицы chitat.db. Вид формы FMRedakt в процессе проектирования изображен на рисунке 3. Кроме этого, на форме установлены кнопки с командами «Редактировать», «Удалить», «Сохранить» и «Выход» [2].

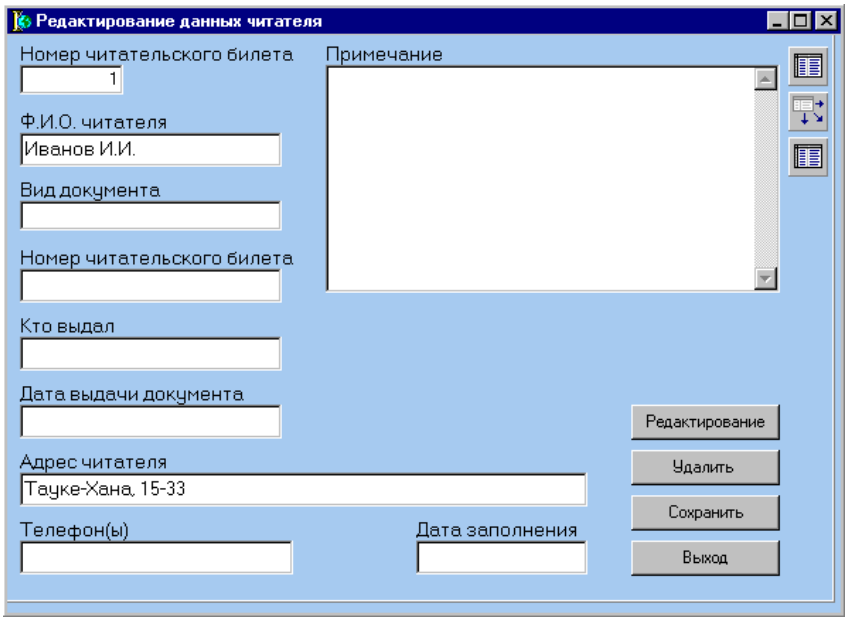


Рисунок 3. Вид формы модуля Uredakt.pas

Модуль Ugiv.pas

Для того чтобы вести учет выданных и возвращенных книг, при нажатии на кнопку с надписью «Выдача книг» в главном окне программы будет открываться новая форма, которую назовем fmGiv. Модуль этой формы называется Ugiv.pas. На этой форме будут выведены номер читательского билета, Ф.И.О. и адрес того читателя, который был выбран на главной форме FmStat - «Сведения о читателях» в окне DBGrid перед нажатием на кнопку с надписью «Выдача книг». Вид формы модуля Ugiv.pas показан на рисунок 4.

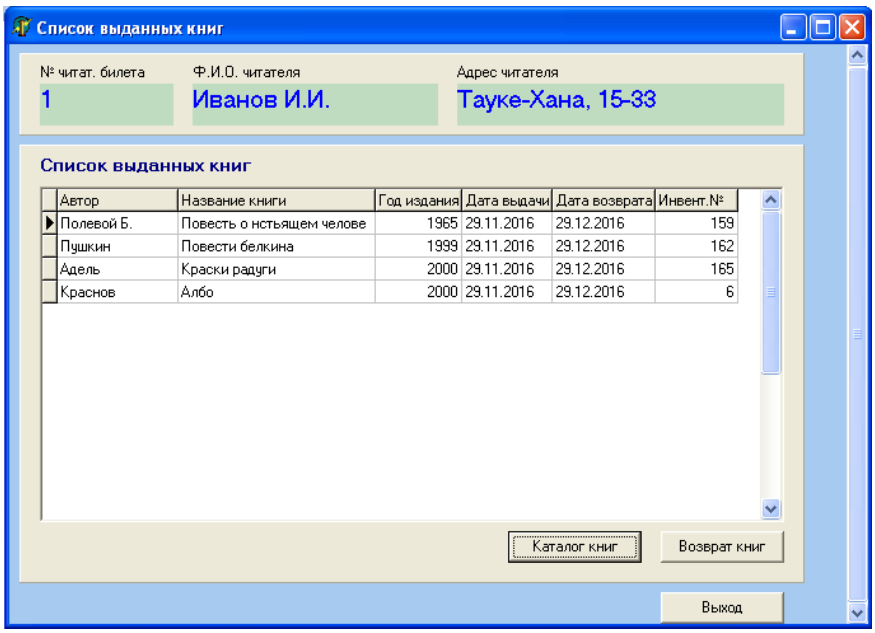


Рисунок 4. Вид формы модуля Ugiv.pas

На данной форме установлена кнопка с надписью «Каталог книг». С помощью этой кнопки будет открываться окно «Поиск и выбор книг» для того, чтобы выдать книгу читателю.

После установки всех компонент и написания команд в программном модуле Ugiv.pas форма FMGiv – «Список выданных книг» приняла вид, изображенный на рисунке 4 [3].

Модуль Useek.pas

При нажатии на кнопку «Каталог книг» в модуле Ugiv.pas будет появляться форма для поиска и выбора нужной книги из каталога. Эта форма называется FmSeek, а ее программный модуль Useek.pas. На форму данного модуля установлен навигатор, при помощи которого можно перемещаться по записям в каталоге книг. При этом если книга выдана, или как говорят «на руках», то внизу будет отображаться фамилия читателя, взявшего данную книгу. Это сделано с помощью таблиц chitat.db и books.db, которые связаны индексированным полем – номер читательского билета в обоих таблицах.

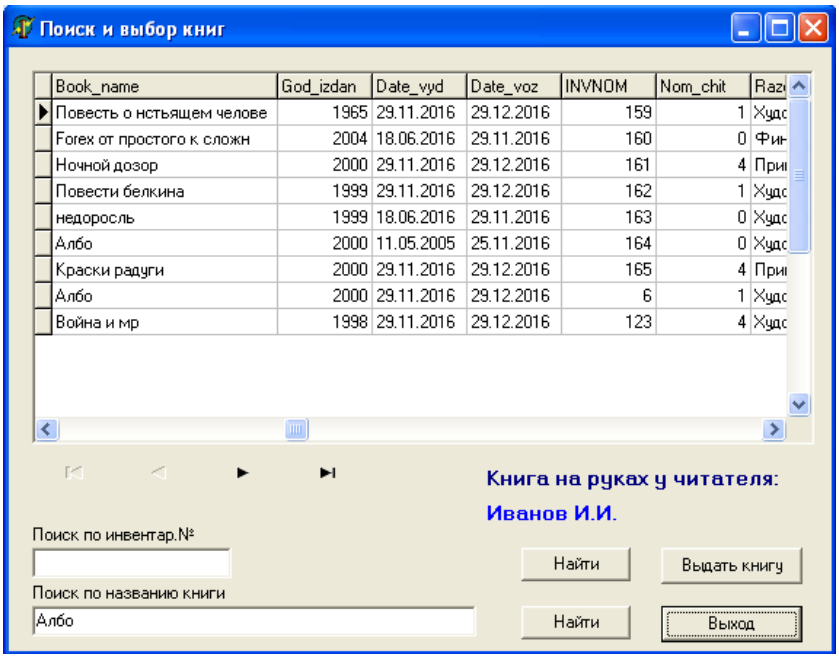


Рисунок 5. Вид формы модуля Useek.pas

Вид формы FMSeek – «Поиск и выбор книг» - окна, в котором производится поиск и выбор книг, показан на рисунке 5. Работа этого окна понятна, а программный модуль можно посмотреть в Приложении Б.

Модуль UBrowse.pas

Построим окно, в котором можно было бы, просматривая список читателей, сразу видеть какие книги, взял тот или иной читатель. Для этого откроем новую форму и назовем ее FMBrowse, а сверху сделаем надпись – «Сведения о выданных книгах». Программный модуль данной формы сохраним под названием UBrowse.pas. Установим на форму 2 компонента Panel. На первый компонент Panel установим компоненты DBGrid, DBNavigator, Query и DataSource. Свяжем эти компоненты с таблицей chitat.DB [2].

Вид отчета, готового к отправке на печать, представлен на рисунке 8. Можно было бы создавать различные виды отчетов, например, для вывода списка книг. Но мы ограничились одним.

Для данной структуры базы данных, разработаны структура и функциональные модули информационной системы, получен интерфейс пользователя, позволяющий пользователю работать с базой данных. Всего создано 8 оконных форм.

В результате данной работы с помощью объектно-ориентированной среды программирования Delphi 6 была создана база данных библиотеки, при помощи которой можно легко найти необходимую книгу, вести учет поступления новых книг, а также осуществлять контроль над выдачей и возвратом книг, имеющихся в фонде библиотеки, вести картотеку читателей, вводить и редактировать данные читателей.

Список использованной литературы

1 *Бобровский С., DELPHI 5: учебный курс. С.-П., «Питер», 2000.*
2 *Глинский Я.Н. Turbo Pascal и Delphi 7.0. Учебное пособие. СПб: ООО «ДиаСофтЮП», 2001.*
3 *Атре Ш. Структурный подход к организации баз данных. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 320 с.*

УДК 002.6:37.016
ГРНТИ 05.25.00

G.M. Uteugalieva[1]

[1]*Student of Master Programme in Computer Science, Kh.Dosmukhamedov Atyrau State University, Atyrau, Kazakhstan*

DEVELOPMENT OF DIGITAL EDUCATIONAL RESOURCES FOR LESSONS OF INFORMATICS IN 8-9TH GRADES USING WEB TECHNOLOGIES

Abstract

This article describes the overall process of making and presents the results of a web-based digital educational resource for Informatics lessons in the 8th to 9th grades. In this article, we will also focus on the technologies used for creating DER and provide information on the content and structure of developed DER. In this research work, Digital Educational Resource (DER) for use in Informatics lessons in 8-9th grades was developed as a practical tool for making the process of teaching Informatics more effective. For building the DER, web technologies were used (PHP – server-side, HTML, CSS, Javascript – client-side, and database management system MySQL). To be more specific, a dynamic web application was created that can be accessed online (at http://informatics8-9.kz/).

Keywords: Digital Educational Resources (DER), Informatics in 8th and 9th grades, ICT in education, online learning, digital learning, web technologies

Аннотация

Г.М. Утеугалиева[1]

[1]*Магистрант Атырауского государственного университета им. Х. Досмухамедова, Атырау, Казахстан*

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО РЕСУРСА ПО ИНФОРМАТИКЕ ДЛЯ 8-9 КЛАССОВ СРЕДСТВАМИ ВЕБ-ТЕХНОЛОГИИ

В данной статье описан процесс и результаты разработки цифрового образовательного ресурса для уроков Информатики в 8-9 классах. В этой статье описаны использованные технологии для разработки цифрового образовательного ресурса, предназначенного для использования на уроках информатики в 8-9 классах, а также представлены структура и контент разработанного ЦОР. В этой научной работе был разработан цифровой образовательный ресурс для использования на уроках информатики в 8-9 классах как практический инструмент для улучшения процесса преподавания Информатики. Для разработки данного Цифрового Образовательного Ресурса были использованы веб-технологии(такие как PHP – серверная часть, HTML, CSS, Javascript – клиентская часть и система управления базами данных MySQL). Данный ЦОР доступен в интернете по адресу http://informatics8-9.kz/.

Ключевые слова: Цифровые образовательные ресурсы(ЦОР), Информатика в 8-9 классах, ИКТ в образовании, обучение онлайн, цифровое обучение, веб-технологии

Аңдатпа

Г.М. Утеугалиева[1]

[1]*Х.Досмұхамедов атындағы Атырау мемлекеттік университетінің 1-курс магистранты, Атырау, Қазақстан*

ВЕБ-ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНЫП 8-9 СЫНЫПТАРҒА АРНАЛҒАН ИНФОРМАТИКА ПӘНІНЕН САНДЫҚ БІЛІМ БЕРУ РЕСУРСЫН ЖАСАҚТАУ

Жұмыста 8-9 сыныптарға арналған Информатика пәнінен сандық білім беру ресурсын жасақтау процесі сипатталған және оның нәтижелері келтірілген. Мақалада 8-9 сыныптарға арналған Информатика пәнінен сандық білім беру ресурсын жасақтауда қолданылған технологиялар сипатталған, сонымен қатар жасақталған сандық білім беру ресурсының құрылымы мен мазмұны келтірілген.

Бұл жұмыста Информатика пәнін сандық оқыту процесін жетілдіру мақсатында практикалық құрал ретінде 8-9 сыныптарға арналған Информатика пәнінен сандық білім беру ресурсы жасақталған. Жасақталған 8-9 сыныптарға арналған Информатика пәнінен сандық білім беру ресурсын құру үшін веб-технологиялар қолданылды(PHP – серверлік бөлік, HTML, CSS, Javascript – клиенттік бөлік және MySQL деректер қорын басқару жүйесі). Жасақталған сандық білім беру ресурсы http://informatics8-9.kz/ адресі бойынша қол жетімді.

Түйін сөздер: Сандық білім беру ресурстары, 8-9-сыныптардағы Информатика пәні, білім берудегі АКТ, онлайн білім алу, сандық білім беру, веб-технологиялар

I. Introduction

According to this [1] source, DER is a set of software, information, technical, and organizational support that reflects a particular subject area and implements the technology for its study through different learning activities.

A Digital Educational Resource is a product used for educational purposes that requires a computer to be presented [2].

The rapid improvement of information technology has introduced new and practical resources that complement traditional tools for the educational process, and teachers are using them more and more. Using DER gives new possibilities for raising the effectiveness of the educational process. DER is a representation tool in teaching, a helper in the reassessment of students' practical skills, and in organizing surveys for pupils, such as homework checking and assessment.

Using DER in education allows teachers to change the content, methods, and organizational forms of teaching in a quality way. It helps to enhance pedagogical instruments and improves the quality and effectiveness of learning [2].

The goal of digital educational resources is to improve the intellectual skills of learners in the information society and raise the quality of education on every level of the educational system.

II. Related work

Requirements for DER

Digital educational resources must meet the substantive requirements given below:

1. To be by the contents and structure of books;
2. To provide a new quality of education, to be oriented to modern forms of teaching, high interactivity, to focus on independent study of students;
3. To present the possibility of level differentiation and individualization of learning (it applies not only to levels of establishing abilities and knowledge but also to intellectual and general abilities);
4. To take into account age peculiarities and existing differences in the cultural experience of students;
5. To contain information oriented to working with information presented in different forms (charts, tables, composite and original texts of different genres, videos, etc.);
6. To contain a set of tasks (teaching, as well as diagnostic type) specifically oriented to non-typical ways of solving;
7. To suggest kinds of learning activities orienting the student to gaining experience of real-world problems (as well as domestic) based on knowledge and abilities learned in a given field(subject);
8. To provide organization of learning activities supposing wide use of independent teamwork and individual research work, forms and methods of project management of educational process;
9. To contain versions of planning the educational process, a modeled structure must be proposed, which allows the realization of coherent teaching when dividing it into subjects, classes, and topics [3].

III. Materials and methods

Stages of development

In this section, some general provisions were given that can be adapted to the development of digital educational manuals of any type. Development of DER depends on factors such as didactic purpose, knowledge of the subject, topic type(technical topics are significantly different from humanitarian), existing resources, etc. While developing DER, one is faced with two popular opinions on DER design methodology. The first method is enough for the author to prepare the necessary materials correctly, but putting it into digital form is not that problematic. According to the second opinion, qualified programmers can take any traditional book and make it a practical educational resource without the involvement of authors. In the first case, the accent is placed on the contents; in the second case, the software development process is emphasized.

Table 1. Stages of DER development

Stages	**Tasks on a given stage**
Preparatory work	Statement of original idea Evaluation of existing work
Collection of	Requirements analysis

necessary information	Main didactic purpose statement Give the basis for need and novelty(newness) of the digital product compared to traditional printed educational resources
Preparation of contents	Define didactic sub-goals Make the plan Present contents in module forms
Design	Design general blueprint Choose media elements(sounds, images, videos, etc.) Write the script Make a detailed design and add interactivity
Development	Program and make a digital version of contents Collect images and sounds and etc. Lay-out prepared material in modules
Deployment/Testing	Test and evaluate final product

IV. Materials and methods

Used technologies for creating the DER

There are no universally defined technologies for designing DER. Every author develops using technologies that suit their goal. Web technologies were selected as a main tool in the process of creating Digital Educational Resources for use in Informatics in 8-9 classes.

The following tools were used for designing and building DER for Informatics in 8-9 classes:

- server-side programming (back-end development) – PHP;
- database management – MySQL;
- client-side programming (front-end development) – HTML (for hypertext markup), CSS(for styling), Javascript(for user interaction).

Architectural design pattern

MVC design pattern was chosen to build the Digital Educational Resources for Informatics lessons in the 8th to 9th grades. One of the standard best practices in mobile application and web programming is the MVC architectural pattern, also known as Model-View-Controller. As the name suggests, the MVC pattern lets developers divide the application into 3 tiers: Model, View, and Controller.

- Model represents data, usually in web development. The model is the component that connects to the database and contains all the code needed to retrieve the information from the database. Model does not depend on the controller or view;
- View is merely the User Interface, what the user sees;

The controller is the link between the user and the system. It gets input from the user, according to the input, retrieves the data using the model, and shows it to the user through the view.

It is a known fact that there are frameworks for applying this architectural pattern, which comes in handy and makes the development process more organized and efficient. One of the most popular PHP frameworks that allows the use of the MVC pattern is Codeigniter. Excellent documentation, lightweight size, easy customization, security, and simple database configuration are just some of the reasons why Codeigniter was chosen to build this project.

Model-View-Controllers in our developed project

In the picture below (Picture 1), you can see a diagram which lists all Models, Views, Controllers, and their methods fully in our project.

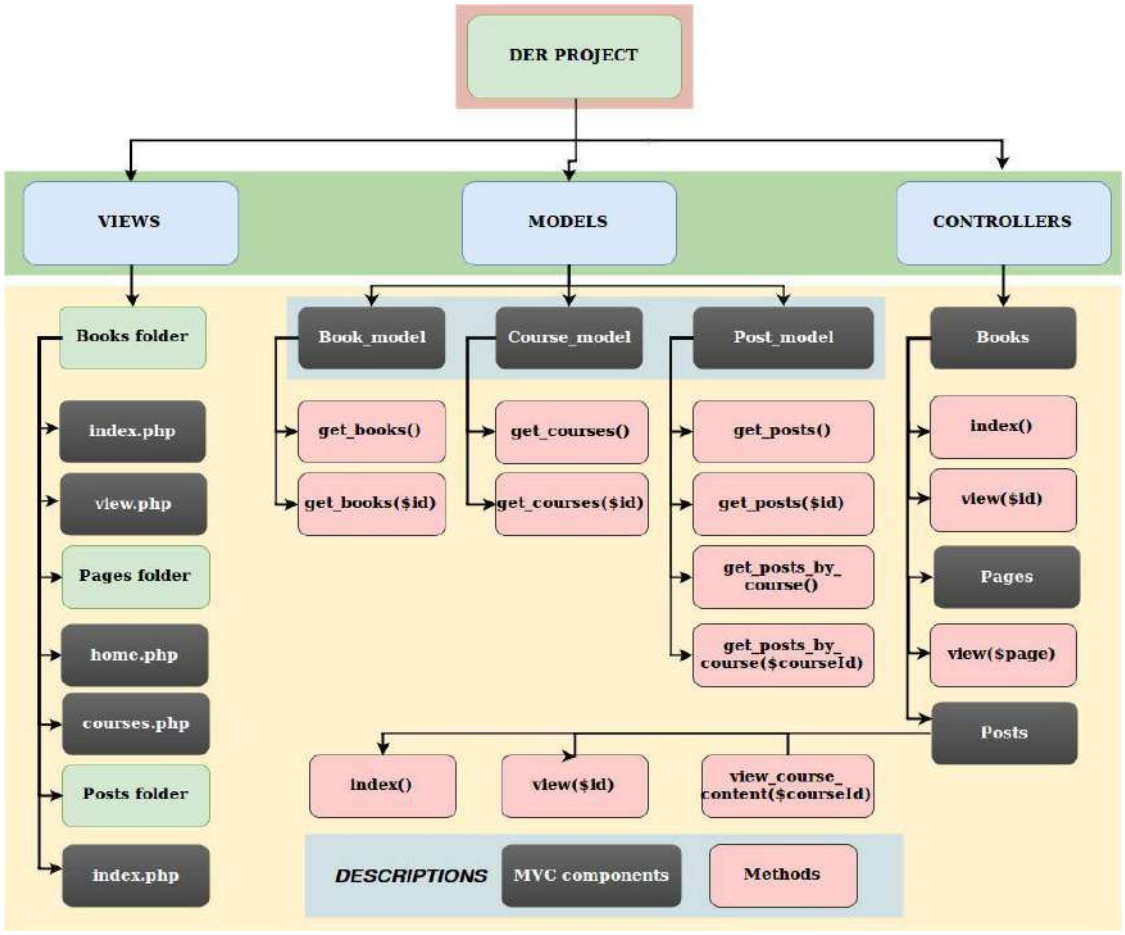


Figure 1. Model-View-Controllers list in our project(including methods)

As you can see from the picture given above, 3 Models and 3 Controllers were saved in separate files. Views are divided into their own folders; there are 3 view folders.

Structure and content

Digital Educational Resource for Lessons of Informatics in 8th-9th Grades is a project created to be used online at schools for lessons of Informatics in 8th-9th grades. The DER project contains information about courses and their content and books that were taken as a basis for these created courses. The DER is structured so that the user can get information about courses (see the list of courses, open the courses main page, and go to a lesson page) and books (see the list of books and go to the books individual page and see data about the book).

At the time of writing, there are two courses in the DER project: Informatics for 8th-grade students and Informatics for 9th-grade students. Each course offers a list of topics(lessons), and every lesson contains two components: lecture and practice. These courses are designed so that the student can get not only theoretical information but practical skills as well.

Informatics for 8th grade is a course that can be used in lessons of Informatics in 8th grade. The main focus of the course is to provide basic knowledge on fundamental Computer Science concepts, such as Numeral systems(mainly binary systems), Boolean algebra, Pascal programming language, and Information Modelling and Computer networks. Here is the exact list of topics the course “Informatics for 8th grade” offers:

- Numeral Systems;
- Logical Operations;
- Pascal Overview;
- Pascal – Conditional Programming;
- Pascal – Loops. While do;
- Pascal – Loops. Repeat Until;
- Pascal – Loops. For;

- Information Modelling;
- Introduction to Computer Networking;

Informatics for 9th grade is a course that can be used in lessons of Informatics in 9th grade. The course gives information about one of the most important concepts in programming algorithms, as well as stages of problem-solving, and gives more details about the Pascal programming language. Here is the complete list of topics the course "Informatics for 9th grade" offers:

- The Concept of Algorithm;
- Stages of Solving Programming Problems;
- Pascal Programming Language;
- Pascal – Program Structure;
- Pascal – Basic Syntax;
- Pascal – Data Types;
- Pascal – Variable Types;
- Pascal – Operators;
- Pascal – Decision making;
- Pascal – Loops;
- Pascal – Strings;
- Pascal Arrays;

Results

In our research project, DER for using Informatics lessons in 8-9th grades was developed as a practical tool for making the process of teaching Informatics more effective. For building the DER, web technologies were used; to be more specific, a dynamic web application was created locally first and then deployed to a hosting web server, which can be accessed online (at http://informatics8-9.kz/) and used on lessons of Informatics in 8-9th grades. The developed DER project's home page is in the picture below (Picture 2).

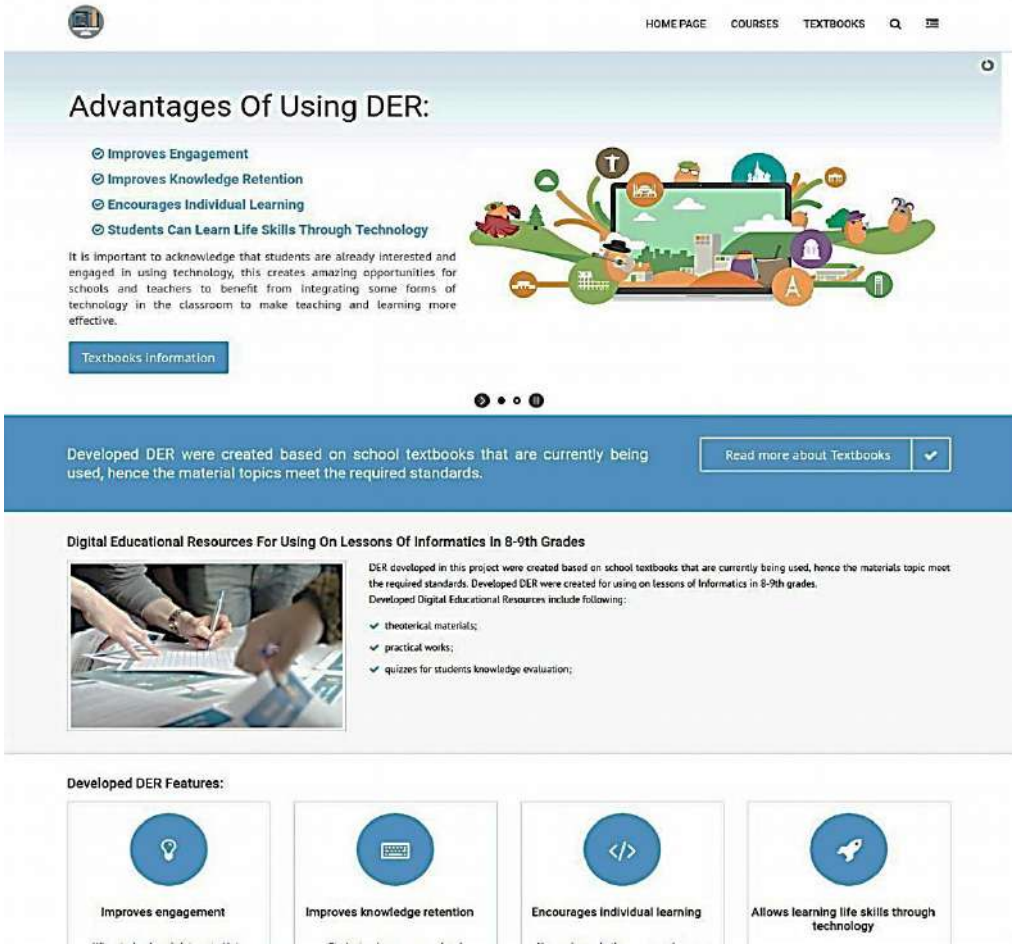


Figure 2. Home page of developed DER project

Conclusion

Requirements for DER on Informatics lessons are analyzed and described, as well as features in the realization of main didactic principles. The term «digital educational resources» was defined as a complex system and structural features, such as technological, theoretical, and psychological components. The stages and methodology of DER development were identified and described. Using the methods described, “DER for lessons of Informatics in 8-9th grades” was created according to the determined requirements.

References

1 Marina Vayndorf-Sysoeva and Tatiana Grjaznova. Handbook of Research on Estimation and Control Techniques in E-Learning Systems – 2016, 16 p.

2 Uteugalieva G.M., Mailybaeva A. Zh. - Use of digital educational resources on the lessons of Informatics - XIII International Scientific-Practical conference «EurasiaScience» - 2018, pp. 61-62.

3. Башмаков А.И. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем / А.И. Башмаков, И.А. Башмаков - М. : Филинь, 2003. - 616 с.

УДК 378.18:378.4
ГРНТИ 14.01.85

К.З. Халықова[1]

[1] п.ғ.к., профессор, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

LESSON STUDY - ПЕДАГОГИКАЛЫҚ ЖОО-НДА ОҚЫТУ ӘДІСІН ЖЕТІЛДІРУ ТӘСІЛІ РЕТІНДЕ

Аңдатпа

Мақалада оқыту нәтижесін жетілдіруге бағытталған, жаңа оқыту тәсілдерінің бірі - Lesson Study технологиясын пайдалану мәселелері қарастырылады. Қазақстан Республикасында қабылданған нормативті құжаттардағы аталған мәселенің өзектілігі, сабаққа зерттеу жүргізудің тәжірибелері, Lesson Study технологиясының оқыту процесіне енгізілу қажеттілігі, оның оқыту тиімділігін арттырудағы маңыздылығы жан-жақты талданған. Lesson Study технологиясын пайдаланудың мәні мұғалімнің кәсіби шеберлігін шыңдау, кәсіби білімін тереңдету, кәсіби құзыреттілігін дамыту болып табылатындығы аталып көрсетілген. Сабаққа зерттеу жүргізу алты кезеңге бөлініп қарастырылған және әрбір кезеңдегі атқарылатын іс-әрекеттер егжей-тегжейлі талданған. Ұсынылып отырған сабақты зерттеу технологиясын ЖОО-дарында педагог мамандар даярлау процесіне енгізу бүгінгі уақыт талабына сай, аталған технологияны кәсіби іс-әрекетінде пайдалануға бейім мамандар даярлауға мүмкіндік беретіндігі аталып көрсетілген. Сонымен қатар, педагог мамандарға арнайы және кәсіби білім беретін пәндерді оқыту сапасын жетілдіру үшін оқыту процесіне Lesson Study технологиясын пайдалану қажеттілігі айтылған.

Түйін сөздер: Lesson Study технологиясы, сабақты зерттеу кезеңдері, педагог мамандар даярлау, іс-әрекетті зерттеу, зерттеу сабағын жоспарлау

Аннотация

К.З. Халыкова[1]

[1] к.п.н., профессор, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан

LESSON STUDY - КАК УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ОБУЧЕНИЯ В ПЕДАГОГИЧЕСКОМ ВУЗЕ

В статье рассматривается использование технологии исследования занятий, которые являются одним из новейших способов улучшения результатов обучения. Проанализирована актуальность данного исследования в нормативных документах, принятых в Республике Казахстан, а также опыты исползования Lesson Study и необходимость включения в учебный процесс данную технологии, его значимость в повышении эффективности обучения. А также в статье отмечено, что суть использования технологии Lesson Study заключается в повышении профессионального мастерства учителя, повышении его профессиональных знаний и развитии его профессиональной компетентности. Приведены этапы проведения исследование занятий, раассмотрены шесть этапов и подробный анализ действий каждого этапа. Внедрение технологии Lesson Study в процесс подготовки будущих учителей в педагогических вузах позволяет подготовить будущих педагогов, которые способны уместно использовать данную технологию в будущей профессиональной деятельности. Кроме того,

предложена необходимость использование технологии Lesson Study для усовершенствования качества преподавания специальных и профилирующих дисциплин будущих педагогов.

Ключевые слова: Технология Lesson Study, этапы исследования занятий, подготовка педагогов, исследование деятельности, планирование исследования занятий.

Abstract

LESSON STUDY - AS IMPROVEMENT OF TRAINING METHODS IN THE PEDAGOGICAL UNIVERSITY

Khalykova K.Z. [1]

[1] *Cand. Sci. (Pedagogic), Professor, Abai University, Almaty, Kazakhstan*

The article discusses the usage of technology. Lesson study is one of the newest ways to improve learning outcomes. The relevance of this research in the normative documents adopted in the Republic of Kazakhstan, the experiences of using the Lesson Study, the necessity to include this technology in the educational process, and its significance in increasing training effectiveness are analyzed. Also, the essence of using the Lesson Study technology is to improve the professional skill of the teacher, expand his professional knowledge, and develop his professional competence, as noted in the article. The stages of the lesson study are presented and divided into six stages, and a detailed analysis of the operation of each stage is given. Introducing the Lesson Study in preparing future teachers in pedagogical universities allows the training of educators proficient in using this technology in future professional activities. In addition, the necessity to use the Lesson Study technology to improve the quality of teaching of particular and profiling disciplines of future teachers is suggested.

Keywords: Lesson Study, stages of study of employment, pedagogical training of teachers, research of activity, planning of survey of employment.

Цифрландыру жағдайында жоғары оқу орындарының алдына Қазақстан Республикасының қазіргі моделіне сәйкес кәсіби құзыретті педагогтардың жаңа буынын даярлау міндеті қойылып отыр [1]. Н.Назарбаев Үшінші Жаңғыру жөніндегі Қазақстан халқына Жолдауында «жоғары білікті мамандар даярлаудың маңыздылығын және білім беру саласындағы саясатты өзгерту қажеттілігін атап көрсетті [2]. Бүгінгі уақыт талабына сай педагог мамандарды даярлау алдыңғы қатарлы әлемдегі озық технологияларды оқыту процесіне енгізуді талап етеді. Қазақстан Республикасы мемлекеттік жастар саясаты тұжырымдамасында «жастар жаңа идеяларды, ұсыныстар мен технологияларды практикаға енгізудің үдеткіші, жүргізушісі болуы тиіс екендігі аталып көрсетілген және онымен Қазақстан Республикасындағы ғылымның, әсіресе, жаратылыстану, техникалық ғылымдар прогресі байланысты болуы тиіс. Жастардың ғылымға жасаған жолы – бұл болашақтың жолы» [2].

Қазақстан Республикасында 2016-2019 жылдарға арналған білім беру мен ғылымды дамытудың мемлекеттік бағдарламасында білім берудің бәсекеге қабілеттілігін арттыру, экономиканың тұрақты дамуына сапалы білімге қолжетімділікті қамтамасыз ете отырып, адам капиталын дамыту арқылы жету мақсаты қойылған [3]. Сонымен қатар, бүгінгі таңда білім парадигмасы «өмір бойы оқу» парадигмасына өзгеруде. Оның негізгі міндеті педагогтың өзін-өзі дамытуын, жаңа білімді, педагогикалық технологиялар мен құзыреттіліктерді меңгеруін талап етеді. Осыған орай, Қазақстан республикасында жалпы орта білім беру мазмұнына, оқыту технологияларына өзгерістер енгізілуде. Бұл ең алдымен, жаңартылған білім бағдарламасына сай мамандар даярлау қажеттілігін көрсетеді. Жаңартылған білім бағдарламасының негізгі идеяларының бірі - оқушының сын тұрғысынан ойлауын дамытуға бағытталған. Сын тұрғысынан ойлауды дамыту жаңа оқыту әдістері мен тәсілдерін пайдалануды талап етеді, сын тұрғысынан ойлауы жеткілікті деңгейде дамыған маман ғана сын тұрғысынан ойлауды дамытуға бағытталған әдістер мен тәсілдерді тиімді пайдалана алады. Мектептегі әрбір оқушыны жеке тұлға, индивидуум ретінде қарастырсақ, әр оқушы жеке тәсілдерді пайдалануды талап етеді. Бұл оқушының оқу іс-әрекетін зерттеу қажеттілігін көрсетеді. Қазіргі уақытта оқу іс-әрекетін зерттеуге бағытталған тәсілдердің бірі - Lesson Study тәсілі болып табылады және бұл тәсіл әлемнің бірқатар елдерінде тиімді пайдаланылып келеді. Аталған тәсілді білім беру саласына енгізу жөнінде қазақстандық сабақты зерттеу тәсілі де практикаға белсенді түрде енгізілу үсітінде.

Lesson Study – мұғалімнің біліктілігін, білімін және оқыту сапасын жетілдіру мақсатында сабақтағы нысанаға алынған оқушылардың іс-әрекеттерін зерттеуді қарастыратын ерекше педагогикалық технология болып табылады. Бұл аталған тәсіл 19-ғасырдың 70-жылдарында Жапония мемлекетінде мектеп практикасын жетілдіру мақсатында класты зерттеуге арналған әдіс ретінде пайда болған. 2007 жылы Макота Иошида АҚШ пен Ұлы Британияда Lesson Study тәсіліне

презентация жасап көрсеткеннен кейін, бұл тәсіл Жапониядан тысқары мемлекеттерде де танымал бола бастады. Американдық зерттеушілер халықаралық зерттеулердің нәтижесіне сәйкес, АҚШ оқушыларымен салыстырғанда жапон оқушыларының академиялық білім деңгейлерінің жоғары екенін анықтаған [4]. Зерттеушілер жапондық білім беру жүйесіндегі оқыту тәсілдеріне талдау жасай келе, жапон мұғалімдерінің педагогика саласынан да, оқытатын пән саласынан да терең білімі бар екенін және жапон мектептерінде Lesson Study оқыту тәсілі кеңінен пайдаланылатынын анықтаған. **Макота Иошида бұл жетістікті** Lesson Study тәсілінің жапон мектептерінде кеңінен пайдаланылуымен түсіндіреді. Сондықтан бұл тәсіл қазіргі уақытта мұғалімдердің педагогикалық білімдерін және кәсіби практикасын дамыту мақсатында бірқатар Шығыс Азия мемлекеттерінің (Сингапур, Гонконг және Қытай) мектептеріне белсенді түрде енгізілу үстінде. Сондай-ақ, бұл тәсіл қазіргі уақытта бірқатар батыс елдерінде, АҚШ, Ұлы Британия, Швеция және Канада тәрізді мемлекеттерде пайдаланылады. Lesson Study тәсілі оқытушылардың оқыту әдістемесін жетілдіру, мектеп оқушыларының негізгі пәндерден білім деңгейлерін жоғарылату мақсатында табысты пайдаланылу үстінде. Сонымен бірге, оқу үшін бағалау тәрізді тұжырымдық педагогикалық тәсілдерді қалыптастырып, құруда да пайдаланылып келеді.

Lesson Study тәсілінің негізгі сипаттамаларының бірі рефлексия болып табылады. Lesson Study тәсілін енгізу кәсіби тұрғыдан сауаттылықты талап етеді, дәлірек айтқанда, бірқатар анықталған принциптер мен оның практикалық құраушыларын сақтауды талап етеді. Lesson Study тәсілі мұғалімдерді үйрету мен олардың оқыту мен оқу практикасын дамытудағы коллаборативті, сондай-ақ, ол бірқатар зерттеу кезеңдерін қамтитын болғандықтан «әрекетті зерттеу» тәсілі болып табылады. Lesson Study тәсілінде «сабақты зерттеу» процесі негізгі орын алады. Ол «оқыту сапасын арттыруға мүмкіндік беретін педагогикалық тәсілді қалай дамытуға болады?» деген мәселені шешетін оқушылардың оқу процесін зерттеуді қарастырады. Lesson Study тәсілінің негізгі сипаттамалары креативтілік пен ғылыми дәлділік болып табылады. Креативтілікті оқытудың жаңа тәсілін құру мақсатында бірлесе жұмыс істейтін мұғалімдер ұсынады, ал ғылыми дәлділікті Lesson Study тәсілінің тиімділігін көрсететін оқушылардың оқуы туралы мәліметтер жиынтығы береді. Сонымен, Lesson Study тәсілі практиканы жетілдірудің демократиялық сипаттағы тиімді тәсілдерінің бірі болып есептеледі. Lesson Study тәсілін пайдалануды жүзеге асыратын мұғалімдер тобы кем дегенде 4 мұғалімнен тұруы тиіс, олардың пікірі бірін-бірі толықтырып, жұмыс істеуге қолайлы орта құруға мүмкіндік береді. Көпшілік жағдайда топ мүшелерін бір мектепте жұмыс істейтін мұғалімдерден құралуы мүмкін. Сонымен бірге, практиканы жетілдіру мақсатында басқа мектептерден де мұғалімдерді шақыруға болады. Оқу бағдарламасының қыры мен сырын толық меңгерген, арнайы даярлықтан өткен, жаңа әдіс-тәсілдерді пайдалану жөнінде тәжірибесі бар маман топтың кәсіби кураторы ретінде шақырылуы мүмкін. Жұмысқа топтың барлық мүшелері тең дәрежеде қатысуы тиіс. Сабақты жүргізу бір мұғалімге жүктелгенімен топ мүшелері оқыту мен оқу процесінің кез келген нәтижелеріне бірдей жауапкершілікте болады. Дәлірек айтқанда, сабақты жүргізген мұғалім ғана жауапты болып табылмайды. Lesson Study тәсілінің тағы бір демократиялық ерекшелігі – мұғалімнің педагогикалық қауымдастықпен бөлісетіндігінде болып табылады. Жапонияда Lesson Study тәсілін пайдалану тәжірибелері мұғалімдер үшін үнемі жарияланып отырады. Ол мұғалімдердің зерттеу практикасына қолдау көрсетіп, оны сүйемелдеп отыруға ықпал етеді. Lesson Study тәсілін жүзеге асыратын топ оқу бағдарламасын жаңа тәсілмен оқытудың моделін көрсетеді немесе жүргізілген зерттеулерді әріптестерімен талқылауды ұйымдастырады. Жапонияда Lesson Study тәсілінде бүкіл мектептегі орындалып жатқан іс-әрекеттерді ізгілендіру мақсатында оқушылардың жеке тұлғалық қасиеттерінің, құндылықтар жүйесінің аспектілері бағаланады.

Сонымен, **Lesson Study** тәсілі мұғалімнің кәсіби шеберлігін шыңдауға, кәсібіи білімін тереңдетуге, кәсіби құзыреттілігін дамытуға мүмкіндік беретін тәсілдердің бірі. Ол оқушының қаншалықты білім алғандығын анық көруге көмектеседі. Мұғалімнің жоспарлаған оқушының іс-әрекеті мен шынайы практикада сол жоспардың жүзеге асырылуының арасындағы айырмашылықты көруге мүмкіндік береді. Сонымен бірге, **Lesson Study** мұғалімдердің кәсіби қоғамдастығы шеңберінде жүзеге асырылады, оның басты мақсаты оқушылардың білім алуына көмектесу және зерттеу тобынадағы мұғалімдердің кәсіби дамуына көмектесу болып табылады [4].

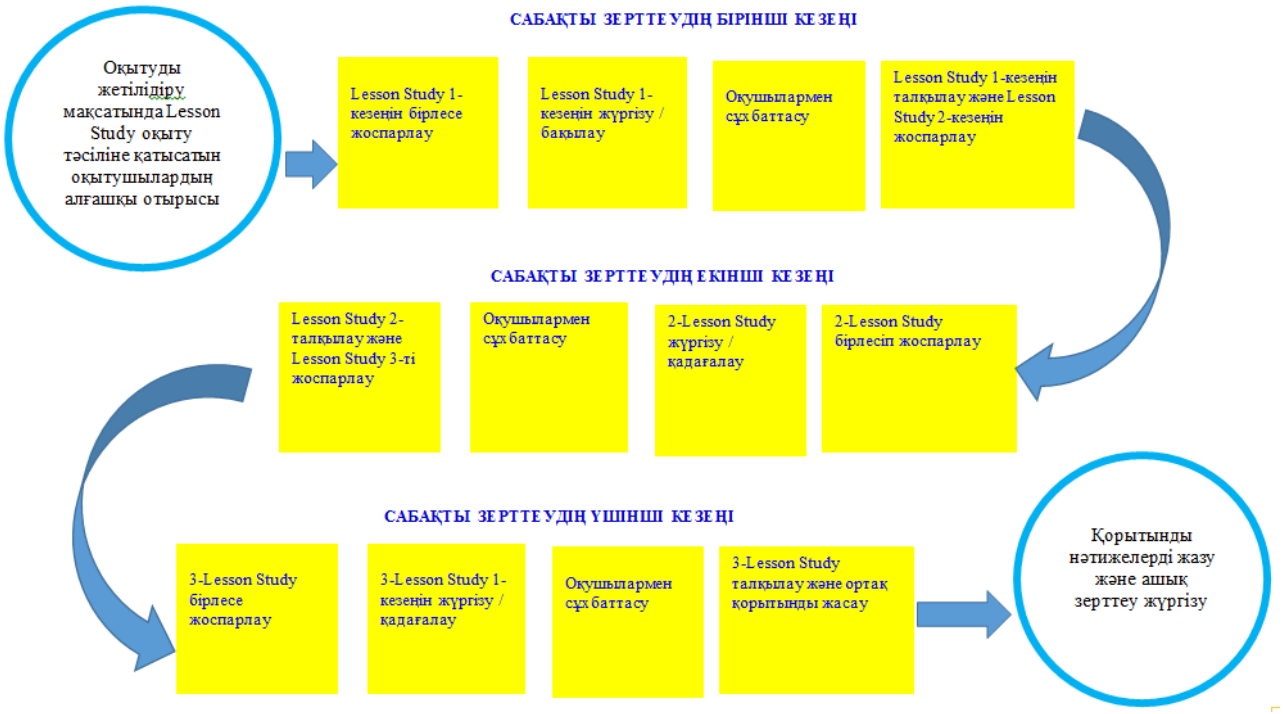
П. Дадли **Lesson Study** тәсілін пайдалану тәжірибелі ұстаздың өзіне екінші дәрежелі ақпаратты електен өткізіп, ысырып, оның орнына тек қажетті ақпаратты іріктеп алуға көмектесетінін атап көрсетеді.

Енді Lesson Study тәсілінің жүргізілу барысын толық қарастырайық.

Сабаққа зерттеу жүргізуді жүзеге асыру. Lesson Study тәсілін жүзеге асыру үш кезеңді қамтиды: үш немесе төрт оқытушыдан тұратын топ, өтілетін сабақты бірлесе жоспарлайды, оны өтеді, әрі бақылайды және өтілген сабақты талдайды (1-сурет). Дәлірек айтқанда, оқытушылар арасындағы өткізілетін сабаққа байланысты жүргізілетін топтық жұмыс болып табылады. Бұл кезеңде зерттеу тобының құрамы толық анықталады. Зерттеу тобының құрамына басшылық өкілі мен тәжірибесі мол мұғалімнің қатысуы зерттеу тиімділігін арттырады. Осы кезеңде ұсынылатын іс-әрекеттің бірі - мектептің, сыныптың немесе белгілі бір жас мөлшеіріндегі топтың қажеттіліктері негізінде қарастырылатын мәселені таңдап алу қажет. Оған мысал ретінде топтық жұмыс арқылы оқытуда пікірталасты пайдалануды алуға болады. Lesson Study тәсілінің бірінші кезеңін жоспарлауға кем дегенде бір сағат уақыт бөлінетіндігі аталып көрсетілген. Зерттеу жүргізілген сабақ аяқталғаннан кейін бірден немесе өте аз уақыттың ішінде талқылау жүргізілуі тиіс. Жұмыс нәтижесі тиімді болу үшін топ мүшелері белсенділік танытуы тиіс. Сонымен бірге, Lesson Study тәсілімен зерттеу жүргізген топқа өз пікірлерімен бөлісу үшін педагогикалық кеңес, коучинг және т.б. ұйымдастырған дұрыс [4].

Сабаққа зерттеу жүргізудің бірінші кезеңін жоспарлау және бақылауға алынғатын оқушыларды анықтау

Оқу орнындағы 3-4 оқытушыдан құрылған топ зерттеу ретінде мектептегі бір сыныпты таңдап алады. Топ ішінен зерттеу объектісі ретінде 3 оқушы (шартты түрде А – үлгерімі жақсы оқушы, В-үлгерімі орташа оқушы және С-үлгерімі төмен оқушы) объектілері таңдалады. Негізгі мақсат осы оқушылардың қабілеттерін, бойларындағы қасиеттерін зерттеуге бағытталады. 3-4 оқытушы бірігіп, таңдалған топқа зерттеу жүргізеді және біріге отырып сабақ жоспарын бірлесе отырып, құрады. Өзара келісе отырып, бір оқытушы сабақты құрылған жоспар бойынша өткізеді. Ал қалған үш оқытушы сабаққа қатысып, зерттеу объектілері арқылы таңдалған А, В, С оқушыларының сабақтағы оқу материалын қаншалықты қабылдағанын, бойындағы қабілеттерін анықтайды. Сабақ аяқталғаннан кейін оқытушылар бірлесе отырып, сабақ кезінде өздері бақылаған оқушылардың қабілеттерін жан-жақты талдайды. Талдау нәтижесіне сәйкес әр оқушының бойындағы қабілеттерін ашу, жіберілген қателіктерін назарға ала отырып, қорытынды жасалады. Таңдап алынған А, В және С оқушылар үш түрлі деңгейдегі оқушылар. Lesson Study тәсілі оқушылардың бойындағы көрінбейтін, көп байқала бермейтін қабілеттерін ашуға мүмкіндік береді. Осындай маңызды сәттерді ескере отырып, келесі өтілетін сабақ жоспараланады.



Сурет 1

Lesson Study тәсілін өткізуді жоспарлау кезінде Пит Дадли төмендегі ұсыныстарды ескеру қажеттілігін атап көрсетді. Біріншіден, зерттеу жүргізілетін сыныпты анықтап алу қажет. Одан кейін сыныптағы оқушыларды оларды жалпы дағдылары немесе жеке пәндер бойынша алған білімі, іскерліктері мен дағдылары бойынша оқу үлгерімі төмен, орташа және жақсы үш оқушы таңдалып алынады. Зерттеуге қатысатын әрбір оқушының деңгейі анықталуы тиіс. Сабақтың соңында әр оқушыдан қандай нәтиже күтетініңді қысқа түрде жазып қою қажет, сабақтың әр кезеңінде материалды меңгеру қарқынын меңгеруін бағалау үшін оқушының не істегенін жазып отыру қажет. Сабақ жоспары кезең-кезеңімен нақты ашылып жазылуы тиіс. Әрбір кезеңдегі пайдаланылатын әдістер мен оқу ресурстары және олардың пайдаланылу тәсілдері айқын көрсетілуі тиіс. Қорыта айтқанда, сабақты жоспарлау барысында оның әрбір элементі назардан тыс қалмауы тиіс. Зерттеу тобындағы мұғалімдердің бәрінің қолында П.Дадли ұсынған зерттеу сабағын жоспарлау кезеңдерінің үлгісі болуы тиіс.

Екіншіден, тақырыпты оқыту әдістемесін жетілдіру немесе даярлау барысында Lesson Study тәсілінің төмендегідей принциптері: бірлескен оқу жоспарын құруда, оны өткізуде, қадағалауда, таныстыруда және талқылау барысында ***оқытылатын оқу бағдарламасының мазмұны, зерттелетін оқушылардың қажеттіліктері, жетілдірілетін, өзгертілетін және жасалатын оқыту әдістемесі*** ескерілуі тиіс. Зерттеу кезінде нысанаға алынатын негізгі мәселе – мұғалімнің сабақты жүргізу процесі емес, оқушының оқуы болып табылады.

Сабаққа зерттеу жүргізу (өткізу). Зерттеушілердің бақылау жүргізу процесі жеткілікті деңгейде құрылымданған болуы қажет. Дәлірек айтқанда, сабақтың кезеңдеріне сәйкес пайдаланылған әдіс-тәсілдерді оқушылардың қалай қабылдағанын, оған қаншалықты қатысқанын және оқушыға тигізген әсерін анықтайтындай деңгейде көрсетілуі тиіс. Мысалы, оны кесте түрінде сипаттауға болады және тиімді нәтиже береді деп есептейді (1-кесте). Сонымен қатар, бұл кесте зерттеу тобындағы мұғалімдердің барлығының қолында болуы тиіс. Пайдаланылуын кесте түрінде көрсетуге болады.

Кесте 1. Бақылау кестесі

Сабақ кезеңдері	А (үлгерімі жақсы оқушы)		В (үлгерімі орташа оқушы)		С (үлгерімі төмен оқушы)	
	Күтілетін нәтиже	Шынайы процесс	Күтілетін нәтиже	Шынайы процесс	Күтілетін нәтиже	Шынайы процесс
Сергіту сәті						
Топтық жұмыс						
Мәтінмен жұмыс						
Сократтық семинар						
...						

Бақылаушылар алдын-ала дайындалған кестеге сәйкес, оқушылардың сабақтың әркезеңіндегі жауаптарын бақылай отырып, оның жоспарланған нәтижеге сәйкестігін немесе алшақтығын белгілеп отыруы тиіс. Сонымен қатар, бақылаушылар бақылаудағы оқушылардың қаншалықты нәтижеге қол жеткізгенін, оқудағы ілгерілеуін, сабақтың қай кезеңіне белсенді қатысқанын, қай кезеңде енжарлық танытқанын ескере отырып, әр оқушыға қорытынды пікір, сабақ соңында оларға қойылатын сұрақ жазылады.

Сабақтан кейінгі оқушылармен пікір алмасу кезеңі. Сабақ аяқталғаннан кейін, уақытты созбай, зерттеуші топ оқушылармен сұхбат жүргізеді. Сұхбат әр оқушымен жеке жүргізілуі мүмкін және ол 5 минуттан аспауы тиіс. Бұл келесі сабақты жоспарлауға қажетті материалдардың бірі болып есептеледі.

Зерттеу сабағын жүргізгеннен кейінгі талқылау. Зерттеу сабақты өткеннен кейін, ұзаққа созылмай 24 сағаттың ішінде жүргізілуі тиіс. Сабақты зерттеуді ұйымдастырушы зерттеуден кейінгі жетістікті талқылау критерийімен таныстыра алады. Мұндағы негізгі мәселе – сабақ жүргізген мұғалімнің іс-әрекетіне емес, бақылауға алынған оқушылардың іс-әрекетіне, оқуына, оқудағы жетістіктеріне талдау жүргізілетінінде болып табылады. Талқылау критериіндегі тағы бір маңызды мәселе – зерттеу тобы мүшелерінің білім алғандығын жазып отыратын және оны топқа кірмейтін басқа адамдарға түсініктеме беріп отыратын кеңесшіні тағайындау болып табылады (Такахаши,

2005). Бұл шетел ғалымдарының зерттеуі, мұндағы ерекше атауға болатын келесі мәселенің бірі – мұғалімдерге арналған кәсіби даму журналының болатындығында және жүргізілген зерттеудің нәтижерелі осы журналға тіркеледі. Қорыта келгенде, сабақты зерттеуден кейінгі талқылауда қарастырылатын мәселелер: сабақты зерттеу кезіндегі бақылаудағы оқушыларды қадағалау, басқа оқушыларды оқытуға қатысты мәселелер және оларды талқылау, оқыту материалдарына қатысты мәселелер және оларды талқылау.

Сабаққа зерттеу жүргізудің келесі кезеңі әріптестерін нәтижелермен ресми түрде таныстыру және зерттеуге арналған уақытты жосарлау, оны мектеп бағдарламасына енгізу болып табылады. Сонымен бірге, Lesson Study технологиясының келесі кезеңі зерттеу нәтижелеріне байланысты зерттеудің маманның кәсіби дамуына ықпал ету, тәжірибені тарату мақсатында тренерлерді жұмысқа тарту мәселесін жүзеге асыруды көздейді.

Қазіргі уақытта Lesson Study тәсілін пайдалану тәжірибелерін талдау аталған тәсілдің көбінесе орта мектеп пәндерін зерттеуге пайдаланылып келе жатқанын көрсетіп отыр. ЖОО-дарында педагог мамандар даярлау процесіне Lesson Study тәсілін енгізу бүгінгі уақыт талабына сай, аталған тәсілді кәсіби іс-әрекетінде пайдалануға бейім, құзыреттілігі қалыптасқан мамандар даярлауға мүмкіндік береді деп есептейміз [5]. Біздің пікірімізше, бұл тәсілден технологияға жақын, өйткені сабаққа жүргізілетін зерттеу нақты қадамдардан тұрады және әрбір қадам нәтиже алуға кепілдік береді. Сондықтан Lesson Study тәсіл емес, Lesson Study технологиясы деп атаған дұрыс. Lesson Study технологиясын педагогикалық ЖОО-ның оқу процесіне енгізу үшін пән мазмұны нақты анықталуы тиіс. Дәл қазіргі уақытта, мемлекеттік білім стандартына сәйкес «Информатика» мамандығына міндетті екі пән оқытылады, ал қалған арнайы және кәсіби білім беретін пәндер таңдау компонентінің есебінен оқытылады. Таңдау компонентіне кіретін пәндердің мазмұнын оқу орны жыл сайын каталог ретінде жариялап отырады. Сонымен бірге, таңдау пәндері үш жыл сайын өзгеріп отырады. Мамандар даярлау сапасына әсер ететін түйткілді мәселенің бірі де осы мамандарға арнайы және кәсіби білім беретін пәндер мазмұнының жылдам өзгеруі мен осы пәндер мазмұнының нақты анықталмауында немесе жеткілікті деңгейде сәйкес мамандар талқылауынан өтпеуінде болып отыр. Егер мамандарға арнайы және кәсіби білім беретін пәндерді оқыту сапасын жетілдіру үшін Lesson Study технологиясын пайдалану қажет деп есептейміз. Дәлірек айтқанда, зерттеу жүргізу арқылы пәннің мазмұны мен оны оқыту әдістемесін жетілдіруге болады. Сонымен қатар, таңдау компонентінің есебінен оқытылатын пәндердің атын өзгерткеннен де, оның мазмұны мен оқыту әдістемесіне зерттеу жүргізіп, сол зерттеу нәтижелеріне сай өзгерістер енгізген әлдеқайда тиімді болар еді. Бұл, әсіресе, компьютерлік техникалардың дамуымен бірге дамып келе жатқан ақпараттық-коммуникациялық технологияларды оқытатын болашақ информатик мамандар үшін аса тиімді деп есептейміз.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1 Современная модель казахстанского образования. URL: https://ppt4web.ru/pedagogika/sovremennaja-model-kazakhstanskogo-obrazovanija.html

2 Казахстану необходим рывок в цифровизации. URL: https://kapital.kz/gosudarstvo/55843/kazahstanu-neobhodim-ryvok-v-cifrovizacii.html

3 Қазақстан Республикасында 2016-2019 жылдарға арналған білім беру мен ғылымды дамытудың мемлекеттік бағдарламасы. Март, 2016 ж. – Астана.

4 Pete Dudley. Lesson Study UK. Handbook. 2011. URL: www.lessonstudy.co.uk

5 Халықова К.З. Болашақ информатика мұғалімдерінің зерттеу құзыреттіліктерін қалыптастыру мәселелері // Абай ат.ҚазҰПУ хабаршысы. № 4 (60), 2017. – 327-332 бб.

УДК [002:004]:316.774
ГРНТИ 20.01.04

Г.С. Шаймерденова[1], К.Т. Айхынбай[2], Н.М. Жайлаубаев[3]

[1,2,3] магистрант Южно-Казахстанского Государственного университета им. М.Ауезова, г.Алматы, Казахстан

УЧАСТИЕ РОДИТЕЛЕЙ В ОБРАЗОВАНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ FEDENA ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ШКОЛАМИ

Аннотация

Сотрудничество педагога с родителями является залогом успешной воспитательной деятельности с учащимися, так как семья оказывает значительное влияние на развитие личности ребёнка. Сделать родителей активными участниками педагогического процесса – одна из главных задач школы. А задача учителя, классного руководителя – помочь родителям осознать свою родительско-воспитательную миссию, как величайшую ответственность за будущее ребёнка. Важно и то, что воспитание учащихся в школе и воспитание в семье – это единый неразрывный процесс. Родители должны быть убеждены, что их участие в жизни школы важно не потому, что так хочет учитель, а потому, что это важно для развития их ребёнка. Эффективное воспитание возможно только тогда, когда происходит доверительное, личностное, деловое общение и взаимодействие взрослых и детей. В этой работе исследования показывают, что постоянное участие родителей в их жизни в детской школе повышает их производительность, обучение, достижения, поведение и многое другое. В результате дети, чьи родители остаются вовлеченными, более склонны к более высокой самооценке, дисциплине и большей самомотивации и стремятся достичь лучших оценок, независимо от их этнического, социального или расового происхождения.

Ключевые слова: локализация, дисциплина, сообщения, самооценка, достижения, обучение, достижения, поведение.

Аңдатпа

Г.С. Шаймерденова[1], К.Т. Айхынбай[2], Н.М. Жайлаубаев[3]

[1,2,3] М.Әуэзов атындағы Оңтүстік Қазақ мемлекеттік университетінің магистранты, Шымкент қ., Қазақстан

МЕКТЕПТЕГІ БІЛІМДІ БАСҚАРУДА FEDENA БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ЖАСАҚТАМАСЫНА АТА-АНАЛАРДЫҢ ҚАТЫСУЫ

Редакцияның жетекшілігімен сабақ жүргізетін сабақ туралы түсінік беріледі, сондай-ақ, отбасылық тәрбиенің дамуында маңызды рөл атқарады. Педагогикалық процесстің белсенді қатысушыларын жасау - бұл мектептің негізгі міндеттерінің бірі. А задача ұстаз, сынып жетекшісі - ата-аналардың балаларын ата-ана-тәрбиелеуші миссиясына келтіріп, болашақ бала үшін жауапты болады. Маңызды және онда, бұл мектепте тәрбиеленіп, тәрбиелеу және бала тәрбиелеу - бұл бірегей неразрывный процесс. Әке-шешелер міндетті түрде өмір сүруі керек, олар өмірдің маңызды емес нәрселерін сақтап қалады, мұғалім де үйреншікті емес, ал бұл өз кезегінде балаларға арналған. Эффективті тәрбиелеу тек қана мүмкін болатын кезде, сенімді, ерекше, қарым-қатынас және ересектер мен балалар арасындағы өзара қарым-қатынаста болады. Ата-аналар балаларының өмірінде өздері басқарып, өздері үйретіп, жетілдіру, басшылық жасау және басқа да көптеген нәрселермен айналысады. Нәтижесінде балалардың ата-аналары өздеріне тән, әлеуметтік немесе нақты нәтижелерден тыс жоғары бағаға ие бола отырып, үлкен өзін-өзі бағалауға және үлкен өзін-өзі бейімдеуге үйретеді.

Түйін сөздер: локализациялау, пән, хабарлама, өзін-өзі бағалау, жетістіктер, оқыту, жетілдіру, тәрбие.

Abstract

PARTICIPATION OF PARENTS IN EDUCATION USING FEDENA SOFTWARE FOR SCHOOL MANAGEMENT

Shaymerdenova G.S.[1], Aykhinbay K.T.[2], Zhailaubaev N.M.[3]

[1,2,3] Student of Master Program, M.Auezov South Kazakh State University, Shymkent, Kazakhstan

The pedagogical staff of the tutorships is characterized by a touching pleasure in working with a child and the role of a child in the child's development. Create active parenting members for the pedagogical process - one of the main tasks of the school. The tutor's assignment, the class teacher, is to erase the parent of the parent, who is responsible for the future rebetika. Most importantly, the upbringing of the students in the school and the upbringing is a unique, unbreakable process. Parents should be careful about what is essential for the school, but it is critical to the tutor, and for this reason, it is crucial for the development of the kids. Effective hospitability can only be realized when it comes to

trusting, personal, affable, and intercourse with children. The investigators suggest that a permanent member of a parent is in their childhood to produce their production, teaching, learning, guidance, and many other things. Consequently, breastfeeding children are passive; they are more slippery than ever before, with self-discipline and self-discipline, and the best appreciation for their well-deserved, ethnic, social, or spiritual development.

Keywords: Localization, discipline, message, self-interest, dating, teaching, learning, guidance.

Образование начинается дома. Помощь родителей в учебных мероприятиях на дому всегда была решающим фактором для образования ребенка. Правильное и эффективное общение между родителями и учебным заведением ведет к улучшению результатов обучения учащихся. Родителей считают первым учителем и наставником своих детей. Исследования показывают, что постоянное участие родителей в их жизни в детской школе повышает их производительность, обучение, достижения, поведение и многое другое. В результате дети, чьи родители остаются вовлеченными, более склонны к более высокой самооценке, дисциплине и большей самомотивации и стремятся достичь лучших оценок, независимо от их этнического, социального или расового происхождения.

Программы обучения родителей направлены на совершенствование практики и поведения родителей, таких как разработка и практика позитивных методов дисциплины, обучение навыкам и этапам развития ребенка, соответствующие возрасту, а также поиск и доступ к общественным услугам и поддержкам. Следующие программы и ресурсы помогли поддержать родителей и укрепить навыки воспитания.

- Родительское образование для семей с участием детей
- Родительские образовательные ресурсы
- Государственные и местные примеры

Участие родителей продолжает оспаривать практикующих, включая школьную реформу, из федеральных планов улучшения школ. Преимущества участия родителей очевидны: растущий объем исследований показывает, что успешное участие родителей улучшает не только поведение и посещаемость учащихся, но и положительно влияет на успеваемость учащихся. Но многие школы продолжают бороться с определением и измерением значимого участия родителей, и многие не чувствуют, что их усилия успешны. В этой статье мы предлагаем консультации и ресурсы, основанные на исследованиях, для содействия успешному вовлечению родителей.

Успешное участие родителей может быть определено как родитель или основной опекун. Родители могут продемонстрировать свою причастность к своим детям, помогать в выполнении домашних заданий или обсуждать школьные мероприятия или посещать занятия в классах добровольцев. Школы с участием родителей, регулярно общаются с ними и включают их в процессе обучения.

Проект **Fedena** отличается повышенной дружественностью к пользователям и может быть готов к использованию буквально спустя десять минут после установки. Это достигается благодаря использованию фреймворка Ruby on Rails, отличной локализации и наличию различных справочных пособий по установке, настройке и использованию. Именно благодаря его доступности, гибкости и функциональности мы можем смело вам рекомендовать этот проект для внедрения в учебных заведениях, курсах и общественных образовательных проектах.

Родительские собрания сегодня—основной способ взаимодействия семьи и школы. Как правило, они проводятся классным руководителем в соответствии с его должностными обязанностями раз в четверть.

Зачастую классные руководители требуют обязательного присутствия родителей на собрании. Тех, кто не явился, просят написать объяснительную записку или вызывают на беседу с директором школы. Насколько это законно?

- Участие в неакадемических программах, которые могут помочь в развитии личности учащихся.
- Более низкая степень отсева.
- Лучшее понимание цели обучения и его актуальности в будущем.
- Достижение социальных и межличностных навыков.
- Обучение без стресса.
- Привлеченная личная компетентность и эффективность обучения.
- Более активное участие в творческих программах.

Постоянное общение и вовлеченность родителя в учебное заведение, несомненно, ускорят темпы развития образования учащихся. Понимая важность этого, мы включили некоторые важные функции

в наше программное обеспечение для управления школами Fedena, где родители могут должным образом заниматься работой ребенка в школе.

Как только родитель входит в программное обеспечение для управления школами, они могут иметь доступ ко всем данным, указанным ниже:

- Профиль студента.
- Просмотрите академический отчет о ребенке.
- Просмотреть личные данные о ребенке.
- Просмотр личных данных.
- Взносы и возврат средств.
- Просмотреть классы, которые ребенок имеет в течение дня.
- Просмотреть любые замечания, представленные преподавателем.
- Просмотр регистрационных документов Академики.
- Посмотреть академическое расписание.
- Посмотреть отчет об экспертизе.
- Просмотреть отчеты о посещаемости Календарь.
- Просмотр библиотечных сборов.
- Посмотреть комиссионные сборы.
- Просмотр праздников и событий.
- Просмотр экзаменов связь.
- Просмотр новостей учреждения.

Заполните и предоставите обратную связь через форму Доступ к приложениям, к которым имеет доступ родитель. Просмотр и ответ на сообщения, инициированные институтом. Изучите любую дисциплину, с которой ребенок может быть вовлечен. И снова мобильное приложение Fedena облегчило для родителей еще больше облегчения, предоставив им доступ к информации через специальное школьное приложение.

Во многих школах практикумы и другие школьные программы помогают родителям узнать, что происходит в классах. Родители идут в начальную школу и читают о своих стратегиях чтения. Отправка домой «еженедельной рабочей папки» является одним из позитивных шагов, но важно.

Многие учителя сообщают о чувстве. В качестве средства преодоления этих препятствий преподаватели в школах, прошли обучение с 2016 года для их структурированных посещений домов своих учеников. В первом визите основное внимание уделяется установлению доверия, в то время как более поздние посещения дают учителям и родителям возможность обсудить способы, которыми родители могут их поддерживать. Школы участвуют в программе, а также выигрывают достижения.

Со своей стороны, родители иногда не решаются участвовать, потому что у них нет лишнего времени. Но «самая большая проблема – это разрыв между школой и семьями», «Родители считают, что они приветствуются». Они часто участвуют в своем обучении, и поэтому они не чувствуют, что участие гарантировано быть хорошим опытом.

Несмотря на эти коммуникационные барьеры, школы и родители хотят улучшиться, если только в интересах студентов. Анализ, проведенный в 2003 году более чем 25 опросами общественного мнения Общественной повесткой дня, беспристрастной исследовательской организацией общественного мнения, показал, что 65 процентов учителей говорят, что их родители были более вовлечены, а 72 процента родителей считают, что дети которые иногда «попадают в трещины» в школе.

Эффективная коммуникация требует двухстороннего потока информации. В то время как большинство школ активно решают проблемы, включая информацию, такую как информационные бюллетени, веб-сайты и пресс-релизы. Для некоторых школ улучшение коммуникации связано с такими технологиями, как сообщения электронной почты и интерактивные телефонные системы. Родители могут использовать систему, называемую Fedena, для прослушивания сообщений от учителей об их классах детей и записях посещаемости. Другие школы пытаются увидеть родительское участие глазами родителей. Конечно, использование любой стратегии должно быть адаптировано к численности населения школы. Если у семей нет доступа к Интернету, электронная почта не будет работать. Телефонное сообщение на английском языке не будет сообщать родителям. Суть школы заключается в том, чтобы общаться, используя стратегии, которые передают то, что важно.

Успешные программы участия родителей обычно разрабатываются в ответ на необходимость сосредоточения и гибкости в решении этой проблемы. Стратегия, которая работает в одной школе, может быть не лучшим выбором для другого. Успешные партнерские отношения с родителями не являются самостоятельными, дополняющими программами. Вместо этого они хорошо интегрированы с общей миссией школы. Как правило, качественные программы разрабатываются в сотрудничестве с родителями и отражают их потребности и интересы. Предоставление услуг по уходу за детьми, переводчиков и множество возможностей для обучения.

Родители являются наиболее важными партнерами в образовании и школах для детей. Разумеется, такие отношения требуют большой работы как педагогов, так и родителей. Хотя успех будет нелегким, награды слишком велики, чтобы школа не пыталась.

Список использованной литературы

1 Информатика: Учебник для вузов /Под ред. проф. Н.В. Макаровой. - М.: Финансы и статистика, 2007. – 767 с.

2 Информатика. Практикум по технологии работы на компьютере /Под редакцией проф. Н.В.Макаровой. М.: Финансы и статистика, 2005. –255.с.

3 Степанов А.Н. Информатика: базовый курс для студентов гуманитарных специальностей вузов. – М. [и др.]: Питер, 2010. – 719 с.

4 Электронные таблицы. Лабораторный практикум: Учебное издание. Составители: Е.Семенова, М.А. Чарута. Петрозаводск: ПетрГУ, 2006. -44.с.

УДК 004.51
ГРНТИ 20.51.15

Ж.М. Шокишалов[1]

[1]PhD докторант, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Ақпараттық және есептеу технологиялар институты, Алматы қ., Қазақстан

ТРАНСШЕКАРАЛЫҚ ҚҰЖАТ АЛМАСУ ЖҮЙЕСІНЕ КӨЗ ҚАРАШЫҒЫН БАҚЫЛАУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ҚОЛДАНУ

Аңдатпа

Бұл жұмыста көз жанарын бақылау технологиясы қолданушылар мен электронды құжаттарға талдау жүргізетін қосалқы жүйе ретінде ұсынылды. Алынған ақпараттар пайда болған келеңсіз жағдайларды шешуге септігін тигізіп, құжаттардың әлсіз жақтарын жақсартып, тиімсіз бөліктерін түрлендіруге мүмкіндік беріп, жүйенің тиімді жұмыс жасауына ықпалын тигізеді. Электронды құжатты құрғанда, өзгерткенде, жіберу және қабылдау барысында құрылатын метаақпараттар құрылған. Көз жанарын бақылау технологиясын қолдану электронды құжат алмасу жүйесіне оң әсерін тигізуі мүмкін. Қолданушылардың көз жанары қозғалысын талдай отырып жүйенің де осы жүйеде алмасып отыратын құжаттардың әлсіз жақтарын жақсартып, тиімсіз бөліктерін түрлендіруге мүмкіндік береді. Трансшекаралық сенімді электронды құжат алмасу жүйесінің аясында көз жанарын бақылау технологиясын қолданудың үш аспектісі ұсынылды.

Түйін сөздер. келеңсіз жағдай, ақпараттық қауіпсіздік, электронды құжат, құжат алмасу жүйесі, көз жанарын бақылау.

Аннотация

Ж.М. Шокишалов[1]

[1]PhD докторант, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Институт информационных и вычислительных технологий, г.Алматы, Казахстан

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОТСЛЕЖИВАНИИ ГЛАЗ В СИСТЕМЕ ТРАНСГРАНИЧНОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА

В данной работе подробно описана технология отслеживания глаз. Была предложена применение технологии отслеживании глаз для анализа пользователей и электронных документов в качестве дополнительной вспомогательной системы. Были созданы метаданные, созданные во время создания, изменения, передачи и получения электронного документа. Использование технологии наблюдения за глазами может оказать влияние на систему электронного документооборота. Полученные данные помогут положительно повлиять при возникновении конфликтных ситуации и помогут улучшить систему документооборота и структуру электронного документа. Была предложена три основных аспекта применения

технологии отслеживании глаз в системе электронного документооборота в рамках трансграничного доверительного электронного документооборота.

Ключевые слова. конфликт, информационная безопасность, электронный документ, система документооборота, отслеживание глаз.

Abstract

APPLICATION OF THE TECHNOLOGY OF EYE TRACKING IN THE SYSTEM OF CROSS-BORDER WORKFLOW

Shokishalov Zh.M. [1]

[1]*PhD student, Al-Farabi Kazakh National University,*

Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan

In this paper, the technology of eye tracking is described in detail. Eye-tracking technology was proposed to analyze users and electronic documents as an additional auxiliary system. Metadata was created during an electronic document's creation, modification, transmission, and receipt. The use of eye observation technology may affect the electronic document management system. The data obtained will help positively influence the occurrence of conflict situations and help improve the system and structure of the electronic document. Three main aspects of applying eye-tracking technology in the electronic document management system were proposed in the cross-border trust electronic document management framework.

Keywords. conflict, information security, electronic documents, document management systems, and eye tracking.

Қазіргі қоғамдағы ақпарат алмасу үдерісі толығымен «электронды». Сандық технологиялар адам өмірінің барлық саласына толық қанды кірді деуге болады, ол күнделікті қарым қатынас пен трансшекаралық қатынастарға дейін көрінісін табады. Бұндай ақпараттық қоғамның негізі электронды құжат түсінігі. Ол дәстүрлі қағаз күйіндегі құжаттарды алмастырып, өзімен көптеген пайдалы қасиеттері мен ерекшеліктерін алып келді.

Еуразиялық экономикалық одақ туралы шартта халықаралық ұйымдарға тән базалық аспектілер, мемлекеттердің егеменді теңдігі, аумақтық тұтастығы, сондай-ақ Одақтың мүше-мемлекеттерінің саяси құрылымының ерекшелігін құрметтеу қағидаттары көрініс тапқан. Бұған қоса, шарт ЕЭО елдері азаматтарының әл-ауқаты мен тұрмыс сапасын арттыру мәселелерін шешуге бағытталған және тауарлардың, қызметтердің, капитал мен жұмыс күшінің еркін қозғалысын, үйлестірілген экономикалық саясат жүргізуді қарастырады. Трансшекаралық қарым қатынас ТМД мен ЕЭО(Қазақстан, Ресей, Беларусь, Армения, Қырғызстан) елдері арасындағы сауда және мемлекеттік қарым қатынастарды нығайтып, құжат алмасу процесстерін жаңа заман талабына сай формада жүзеге асырады. ЕЭО мемлекеттерінің трансшекаралық қарым – қатынасын реттеу басқару, жаңа технологиялардың интеграциясын қарқынды жүргізу мақсатында реттеуші орган болып Еуразиялық экономикалық комиссия ұйымы тағайындалды. Комиссия құжат алмасу процесстері үшін бірнеше шешім ұсынған. Ыңғайлы шешімдердің бірі ретінде «Сенімді үшінші жақ (ары қарай СҮЖ)» ұғымын енгізген. СҮЖ қызметінің жұмыс істеу моделі 1 суретте көрсетілген. Бұл органды әрбір мемлекет өз аумағында өзі тағайындап, ақпарат ағынын реттеп отыруды тапсырады. Қазақстан Республикасында СҮЖ қызметін Қазақстан Республикасы Инвестициялар және даму министрлігінің Байланыс, ақпараттандыру және ақпарат комитетінің «Мемлекеттік техникалық қызмет» шаруашылық жүргізу құқығындағы республикалық мемлекеттік кәсіпорны атқарады. Қазақстан Республикасының ұлттық шлюзі келесі мемлекеттік өкілетті органдармен интеграцияланған:

1) Қазақстан Республикасының кеден органдарының шлюзі;
2) Қазақстан Республикасының қаржы министрлігінің мемлекеттік табыс комитетінің интеграциялық шинасы;
3) «Тасымал қауіпсіздігі динамикасының мониторингі мен Көліктік деректер қоры» ақпаратты – аналитикалық жүйе;
4) «E – agriculture» агроөндірістік комплексін басқарудың бірыңғай автоматтандырылған жүйесі;
5) «E – лицензирование» мемлекеттік деректер қоры [1].

Трансшекаралық электронды құжат алмасу тауардың экспорты мен импорты, банк жүйелерінде, мемлекет аралық қарым қатынаста, трансұлттық компаниялар және т.с.с салаларда өте маңызды рөл атқарады. Бір корпорациядан екінші корпорацияға ақпарат жіберілгенде салалық және мемлекеттік шектеулер қосылса, мекемелер ақпарат алмасқанда ұлттық және ұлттық емес заңдардың шектеуі қосылады.

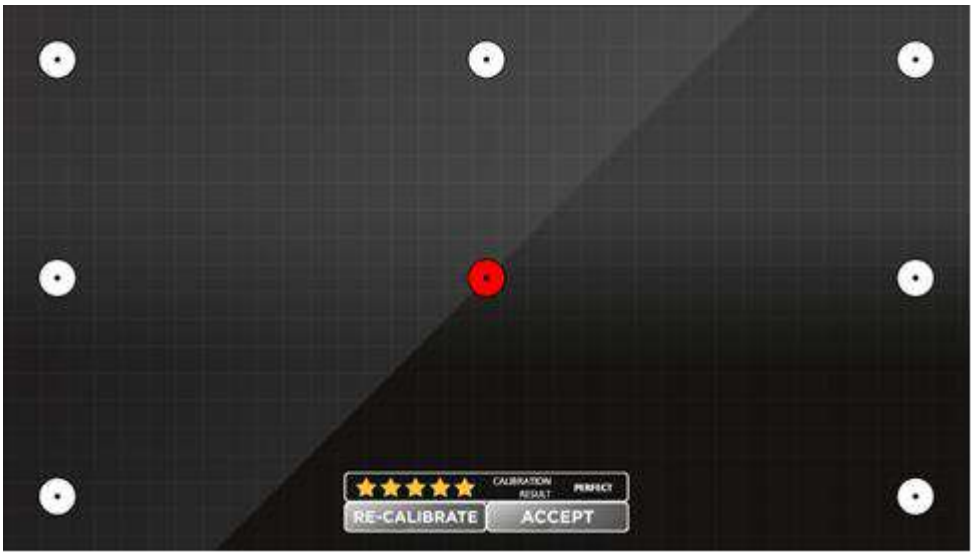
Трансшекаралық электронды құжат алмасудың негізгі элементі электронды құжат болып табылады. Құжатты құру, түзету, жіберу, қабылдау, қауіпсіз жою ақпараттық қауіпсіздіктің талаптарына сай жүргізіліп отыруы тиіс. Құжат алмасу барысында орын алатын келеңсіз жағдайлардың алдын алу тиімді шешімдердің бірі болып табылады.`

Құжатпен жұмыс жасау кезеңдерінде маманның іс – әрекетіне талдау жасау арнайы құралдарды қажет етеді. Маманның дербес компьютермен жұмыс жасау барысында перифериялық құрылғылармен(пернетақта, тышқан тетігі, монитор) жүргізген іс әрекетінен бөлек оның көз жанарын бақылауға да мүмкіндік туып отыр.

Көз жанарын бақылауға арналған құралдар тарихы 18 ғасырдың бірінші жартысынан бастау алады. Бастапқы нұсқалары қарапайым адам көзіне орнатылған таяқшалардан тұрса, дами келе көз линзасы тәріздес құрылғы арқылы қолданылып келді.

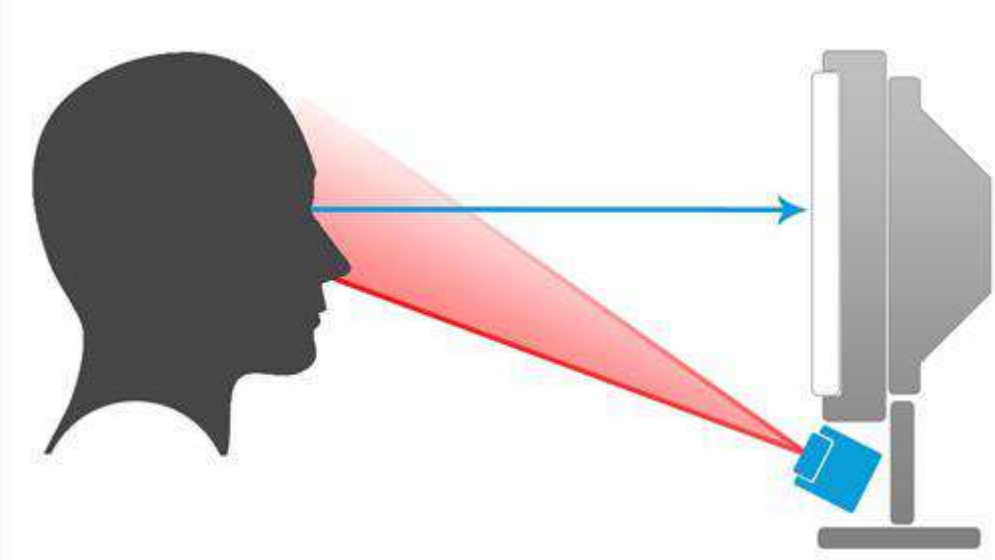
Қазіргі таңда көз жанарын бақылау трекерлері (әрі қарай трекер) психология, маркетинг, веб дизайн, мүмкіндігі шектеулі жандарға қосымша көмек ретінде зерттеулерде кеңінен қолданылады. Трекер қолданушының компьютердегі визуалды ақпараттармен (бағдарламалық құралдар, сурет, видео материалдар және т.б) қалай қарым қатынас жүргізу барысын зерттеуге таптырмас құрал. Ол көрсетілген ақпараттың қолданушының қалай қабылдайтыны, ақпараттың қай бөлігі көп назарға ықпал, қай бөлігі назардан тыс қалып қоятыны секілді құнды ақпарат алуға көмек береді.

Қолданушының көз жанарын бекіту үшін құрылғыны калибрлеу керек. Қалыпты жағдайда калибрлеу қолданушыға монитор бетінде белгілі бір нүктелерде пайда болатын дөңгелектерге қарау арқылы жүргізіледі. Калибрлеу терезесі бірінші суретте көрсетілген.



Сурет 1. Трекерді калибрлеу

Осы арқылы экран бетіндегі нүктелер мен көз қарашығынан шағылған инфрақызыл сәулелер арқылы қолданушының монитор бетіндегі қаралған дәлме – дәл көз жанарының картасын алуға болады. Трекердің жұмыс жасау принципі екінші суретте көрсетілген.



Сурет 2. Трекердің жұмыс жасау принципі

Көз жанарын бақылау технологиясы көздің адам басына немесе қараған нүктесіне қатысты анықтайды [2]. Бұл технологияның негізгі компоненттері көздің қозғалысын тіркеу құрылғысы, тіркеу құрылғылары мен қосымшалардан шығатын суреттер ағымы интерпретациясының алгоритмдері. Көз жанарын бақылау негізгі үш түрге бөлінеді: тіркеу(фиксация), саккадтар және көз қарашығының көлемі [3].

Тіркеу(фиксация) – көз жанары бір нүктеге қараған сәттегі тұрақтылық периодын айтады. Визуалды ақпарат осы тіркеу барысында өңделеді.

Саккадтар – көз қозғалысы барысында көз жанарының жылдам дірілдеуін айтуға болады. Саккадтар барысында кіші визуалды өңдеуді жүргізуге болады [4].

Сурет 3. «Eyetribe» көз жанарын бақылау трекері

Ақпараттық қауіпсіздік саласында қолданушылардың көз жанарын бақылау қолданушылардың электронды құжатпен жұмыс істеу барысында қосымша құнды ақпарат алуға мүмкіндік береді.

Соңғы жылдар бұл технологияның жақсы дамыған уақыты деп айтуға болады. Тым қымбат трекерлермен қатар(қалыпты жағдайда 15000-20000 АҚШ доллары) қолжетімді трекерлер де пайда

болды. Бағасының арзандығына қарамастан бұл трекерлер белгілі бір жағдайда жақсы көрсеткіш көрсете алады. Зерттеу жұмыстарын жүргізу үшін «Eyetribe» трекері таңдалды.

Жобаланып отырған электронды құжаттармен жұмыс жасауға арналған автоматтандырылған ортада көз жанарын бақылау келесі мақсаттарда қолданылады:

- Қолданушылардың дербес компьютермен жұмыс жасау барысына талдау жасау. Қолданушының көзімен жасалған іс қимылдары оның нақты профилін жасауға мүмкіндік береді. Егер қолданушының жұмыс іс қимылы өзгерсе негізгі идентификация құралдарын іске қосу ұсынылуда.
- Электронды құжатты құрғанда, өзгерткенде, жіберу және қабылдау барысында құрылатын метаақпараттар құру. Метаақпараттар жұмыс барысындағы келеңсіз жағдайларда айнымас ақпарат ретінде қолданылуы ұсынылуда.
- Электронды құжаттың талдамасы. Көз жанарының анализі арқылы құжаттың тиімді және қауіпсіз құрылымын ұсыну.

Қорытындылай келе көз жанарын бақылау технологиясын қолдану электронды құжат алмасу жүйесіне оң әсерін тигізуі мүмкін. Қолданушылардың көз жанары қозғалысын талдай отырып жүйенің де осы жүйеде алмасып отыратын құжаттардың әлсіз жақтарын жақсартып, тиімсіз бөліктерін түрлендіруге мүмкіндік береді.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1 Решение «Об утверждении технического задания на создание интегрированной информационной системы Евразийского экономического союза», № 137, 12 октября 2015г., г. Москва

2 Andrew Duchowski. 2007. Eye tracking methodology: Theory and practice. Vol. 373. Springer Science & Business Media, Berlin, Germany.

3 Tobii. accessed June, 2017. Tobii eye tracker. http://www.tobii.com/group/about/this-is-eye-tracking/. (accessed June, 2017).

2 Alex Poole and Linden J Ball. 2006. Eye tracking in HCI and usability research. Encyclopedia of human computer interaction 1 (2006), 211–219