



Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық
университеті

Казахский национальный педагогический
университет имени Абая

ХАБАРШЫ ВЕСТНИК BULLETIN

«Физика-математика ғылымдары» сериясы
серия «Физико-математические науки»



№1(57)

$E=mc^2$

2017

http://

ISSN 1728-7901



ХАБАРШЫ ВЕСТНИК BULLETIN

**«ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА ҒЫЛЫМДАРЫ» СЕРИЯСЫ
СЕРИЯ «ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ»**

**№1(57)
2017**

Алматы, 2017

ХАБАРШЫ

“Физика-математика ғылымдары”
сериясы № 1 (57)

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
п.ғ.к. Г.З. Халикова

мүшелері:

Dr.Sci. Alimhan K. (Japan)

Phd.d.Cabada A. (Spain)

Phd.d. Ruzhansky M. (England)

п.ғ.д., РБА академигі

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. М.Н. Калимолдаев

ф.-м.ғ.д. Б.А. Қожамқұлов

ф.-м.ғ.д. Ф.Ф. Комаров (Беларусь)

ф.-м.ғ.д. 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. А.Садуллаев

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. А.К. Тулешов

ҚРҰҒА академигі Г.У. Уалиев

МАТЕМАТИКА. МАТЕМАТИКАНЫ ОҚЫТУ
ӘДІСТЕМЕСІ
МАТЕМАТИКА. МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ
МАТЕМАТИКИ

А.Е. Abylkassymova, Zhumaliyeva L. On special-methodical training of the future teachers of mathematics.....	5
Э.А. Бакирова, Ж.М. Қадырбаева, К.Р. Момынжанова, К.П. Кенжебаева Жүктелген дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін көпнүктелі шеттік есепті шешудің сандық жүзеге асырылуы.....	8
А.Р. Ешкеев, Н.К. Шаматаева Дөңес робинсондық теориялардың байыту бойынша кішігірім модельдердің қасиеттері.....	15
Н.Б. Искакова, А. Рысбек Однозначная разрешимость краевой задачи для интегро-дифференциального уравнения с импульсным воздействием.....	19
Д.А. Кабаева, М.Е. Есқалиев Шекаралық тікелей шешу әдісін пайдаланып жазық есептерін есептеу алгоритмі.....	24
В.К. Kaldybekova, O.M. Penkin On the low frequencies of natural oscillations of a special grid of strings.....	28
М.Н. Калимолдаев, А.А. Абдилдаева, М.А. Ахметжанов Автоматическая система регулирования задачи оптимального управления сложных электроэнергетических систем.....	33
К.К. Коксалов, Ж.К. Куттыхожаева Исследование послекритических деформации пластин вариационным методом.	41
Ұ.Б. Рсалды Салу есептері және оларды шығару алгоритмі	45
E.S. Seitbekova, T.S. Imankulov Using Gaussian model for changeable wind conditions in Almaty, Kazakhstan.....	49
Б.Т. Тәліп Тарихи есептерді математика сабағында пайдалану.....	55

ФИЗИКА. ФИЗИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ
ФИЗИКА. МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ

Ғ.М. Әбілдаев, В.Ж. Успанова, Н.А. Ғайнеденов, К.Ж. Султанова Физикалық білім беруде жоғары сынып оқушыларының экологиялық білімдерін дамытудың маңызы.....	59
Б.Е. Ақитай, Н. Қаңлыбек Болашақ физика пәнінің мұғалімдерін дайындауда ақпараттық технологияның мүмкіндіктері.....	64
Ә.Ә. Ақжолова, М.С. Молдабекова, Ә.Б. Абдулаева Кәсіби пәндер практикалық сабақтарында студенттердің зерттеу құзіреттіліктерін қалыптастыру.....	68
Н.К. Аширбаев, Т.С. Султанбек, Ш.Е. Алтынбеков, Ж. Каратаев Особенности волнового поля в плоском теле с симметрично-расположенным прямоугольным вырезом.....	72
Г.А. Баимбетова, А.А. Кабулов, А.Б. Кабулов, С.С. Омирбаева Коллективные и кластерные возбуждения в ^{20}Ne	78
Қ. Бисембаев, А. Кожабай Колебательное движение ортогонального механизма при апериодическом движении вала привода бесплотинной гидротурбины.....	84

© Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, 2017

Қазақстан Республикасының
Ақпарат

министрлігінде тіркелген

№ 4824 – Ж - 15.03.2004

(Журнал бір жылда 4 рет шығады)

2000 жылдан бастап шығады

Редакторлары: О.С. Ахметова,
Г.З. Халикова

Компьютерлік беттеу:
О.С. Ахметова

Басуға 31.03.2017 ж. қол қойылды

Таралымы 300 дана

Көлемі 33,25 е.б.т.

Пішімі 60x84 $\frac{1}{8}$.

050010, Алматы қаласы,

Достық даңғылы,13

Абай атындағы ҚазҰПУ-ің “Ұлағат”

типографиясында

баспадан өткен

Казахский национальный педагогический университет имени Абая

ВЕСТНИК

серия “Физико-математические науки”
№ 1 (57)

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

Редакционная коллегия:

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

ответ. секретарь:
п.э.к. О.С. Ахметова
п.э.к. Г.З. Халикова

члены:

Dr.Sci. Alimhan K. (Japan)

Phd.d. Cabada A. (Spain)

Phd.d. Ruzhansky M. (England)

п.э.д., академик РАО

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. М.Н. Калимолдаев

д.ф.-м.н. Б.А. Кожамкулов

д.ф.-м.н. Ф.Ф. Комаров

(Республика Беларусь)

д.ф.-м.н. В.Н. Косов

д.т.н. М.К. Кулбек

д.ф.-м.н. В.М. Лисицин (Ресей)

д.п.н. Э.М. Мамбетакунов

(Киргизская Республика)

д.ф.-м.н. С.Т. Мухамбетжанов

д.ф.-м.н. А.Садуллаев

д.п.н. Е.А. Седова (Россия)

д.ф.-м.н. А.Л. Семенов (Россия)

д.ф.-м.н. К.Б. Глебаев

д.т.н. А.К. Тулешов

академик НАН РК Г.У. Уалиев

© Казахский национальный педагогический университет им. Абая, 2017

Зарегистрирован в Министерстве информации Республики Казахстан, № 4824 - Ж - 15.03.2004 (периодичность – 4 номера в год) Выходит с 2000 года

Редакторы: О.С. Ахметова,
Г.З. Халикова

Компьютерная верстка:
О.С. Ахметова

Подписано в печать 31.03.2017 г.
Формат 60x84 1/8.
Об. 33,25 уч.-изд.л.
Тираж 300 экз.

050010, г. Алматы, пр. Достык, 13,
Отпечатано в типографии
“Ұлағат” КазНПУ им. Абая

Қ. Бисембаев, Т.Б. Диқамбай, М.Қ. Қазанқапov Жұдырықшасының профiлі жоғары дәрежелi беттермен шектелген жұдырықшалы механизмінің динамикасы.....	94
Е.Т. Божанов, А.Н. Дадаева Расчет устойчивости трубчатой конструкции в теории нелинейных стержневых систем за пределом упругости.....	102
Н. Буртебаев, М. Насурлла, С.Б. Сакута, К. Мукашев Исследование упругого рассеяния ускоренных ионов ²⁰ Ne на ядрах ¹⁶ O при энергиях ниже кулоновского барьера.....	109
Д.Ә. Кинжебаева, М.Д. Әдiл КОМПАС компьютерлiк бағдарламасын колдану арқылы жаздық көйлек құрастырудың базалық негiзi.....	115
В.Н. Косов, К.К. Каратаева Особенности концентрационного разделения тройных газовых смесей содержащих оксид азота при диффузии и начальной стадии гравитационной конвекции...	121
М.К. Кулбеков О новых объемно-поверхностных концентрически-зональных цветовых эффектах в золокерамических материалах.....	124
А.И. Купчишин, Т.А. Шмыгалева, М. Абайұлы Математическое моделирование процессов радиационного дефектообразования в кремнии.....	130
А.И. Купчишин, Т.А. Шмыгалева, М. Абайұлы Компьютерное моделирование радиационных дефектов в твердых телах, облученных легкими ионами.....	136
Е.П. Макашев, А.С. Салимханова Разработка методики расчета вентиляторной градирни.....	141
М.Дж. Минглибаев, Г.М. Маемерова, С.А. Шомшекова Дифференциальные уравнения относительного движения нестационарных экзопланетных систем.....	147
А.Н. Мырзашева, Н.К. Шаждекеева Тұрақты температура эсеріндегі стерженьнің ұзындығының өзгеруінің жылу алмасу коэффициентіне тәуелділігін сандық зерттеу.....	152
Ө. Парманбеков, Н.С. Алимбекова Техникалық ЖОО нанотехнология пәніне қатысты бәсекеге қабілетті мамандар даярлау.....	158
Н.Т. Рустамов, Б.К. Мейрбеков Повышение эффективности ветроустановок.....	161
В.Б. Рыстығұлова, А.Ж. Жолбарыс Түзеткіш диод пен Шоттки диодын оқып-зерттеу.....	166
Б.А. Урмашев, Е.П. Макашев, Г.Ж. Бейсенбекова Анализ кинетического механизма процесса горения в программном комплексе PrIme.....	170
Ә.Қ. Шоқанов, Г.А. Құрманбаева, А.Қ. Жумабек «Атомдық энергетика» колданбалы курсының оқытуда оқушылардың шығармашылық қабілеттіліктерін дамыту.....	179

Abai Kazakh National Pedagogical
University

BULLETIN

Ser. Physical & Mathematical
Sciences

№ 1 (57)

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.

Cand. Sci. (Ped.) Khalikova G.Z.

Editorial board:

Dr.Sci. Alimhan K. (Japan)

Phd.d. Cabada A. (Spain)

Phd.d. Ruzhansky M. (England)

Dr. Sci. (Ped.), RAE Academician

А.Е. Абылкасымова

Dr.Sci.(Engineering) Amirgaliyev Ye.

Cand.Sci. Bekpatshayev M.Zh.

Dr. Sci. (Ped.), Bidaiybekov Ye.Y.

Dr. Sci. Dzhenaliyev M.T.

Dr. Sci. Kalimoldayev M.N.

Dr. Sci. Kozhamkulov B.A.

Dr. Sci. Komarov F.F.

(Republic of Belarus)

Dr. Sci. Kosov V.N.

Dr.Sci.(Engineering) Kulbek M.K.

Dr. Sci. Lisicin V.M. (Russia)

Dr. Sci. (Ped.) Mambetkunov E.M.

(Kyrgyz Republic)

Dr. Sci. Mukhametzhahanov S.T.

Dr. Sci. Sadullayev A.

Dr. Sci. (Ped.) Sedova Ye.A. (Russia)

Dr. Sci. Semenov A.L. (Russia)

Dr. Sci. Tlebayev K.B.

Dr.Sci.(Engineering) Tuleshov A.K.

Academician of the NAS of RK

Ualiyev G.U.

© Abai Kazakh National Pedagogical
University, 2017

Registered in the Ministry of
Information of the Republic of
Kazakhstan,

№ 4824 - Ж - 15.03.2004

(Periodicity: 4 issues per year)

Published since 2000

Editors: Akhmetova O.S.,

Khalikova G.Z.

Typesetting:

Akhmetova O.S.

Signed to print 31.03.2017 г.

Format 60x84 1/8.

Vol. 33,25 p.

Printing 300 copies

Publishing and Editorial:

050010, 13 Dostyk av.,

Almaty, Kazakhstan

Publishing House "Ulagat" of

Abai Kazakh National Pedagogical

University

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

- А.Ж. Алматов, К.А. Айдаров Анализ современных алгоритмов балансировки нагрузки и их моделирование через модельно-ориентированное проектирование 184
- Ж.Р. Абдукаримов, К.А. Айдаров Модельно-ориентированное проектирование алгоритмов выделения контуров с реализацией для ПЛВМ..... 189
- Е.Н. Амиргалиев, Ш. Шамильулу, А. Алдаберген Classification of heart diseases by using machine learning algorithms..... 195
- Г.С. Байрбекова, С.А. Нугманова, Т.Ж. Мазакон Наукометрический анализ научных исследований по биометрическим методам..... 201
- Е.Н. Даутбеков Методические особенности проведения лабораторного практикума по курсу компьютерные сети..... 208
- Т.К. Даутова, Ж.К. Аккасынова Международная кластерная модель обучения информатике с использованием интернет технологий..... 213
- А.А. Исахов, А.Б. Абылкасымова Применения параллельных вычислительных технологий для численного моделирования переноса воздуха в респираторной системе человека..... 219
- А.Р. Тұрғанбаева, Г.К. Калиева Генетикалық алгоритмдердің тәжірибеде қолданылуы..... 229
- С.А. Нугманова, А.М. Ануарбеков Болашақ информатика мұғалімдерін дайындаудағы телекоммуникациялық технологиялардың алатын орны..... 235
- Л.Б. Рахимжанова, Д.Н. Исабаева Когнитивные методы обучения в курсе объектно-ориентированного программирования..... 238
- С.М. Сарсимбаева, А.Б. Кузенбаева Разработка программного обеспечения для многомерного анализа данных на основе технологии OLAP..... 242
- Б.К. Синчев, С.К. Оразбеков, И.Н. Филько Категоризация казахско-язычных документов методом латентно-семантического анализа..... 246
- А.Ж. Скакова Информационно-коммуникационные технологии в преподавании дисциплин..... 252
- Н.С. Уалиев, А.А. Сакабаев, Г. Жақанқызы Защищенная информационно-образовательная среда на базе мобильных приложений как фактор формирования концепции технологии WEB 3.0..... 255
- Г.З. Халыкова Интерактивті оқыту – болашақ информатика мамандарын кәсіби даярлауды жетілдіру құралы ретінде..... 258

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

- Редколлегия Джубалиева Пелагея Алиповна..... 264

МАТЕМАТИКА, МАТЕМАТИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ МАТЕМАТИКА, МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ

UDC 372.851
CSCSTI 14.35.09

Abylkassymova A.E.¹, Zhumaliyeva L.²

¹*Dr. Sci. (Pedagogical), Professor of the Institute of Mathematics, Physics and Informatics at Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan*

²*PhD doctoral student at Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan*

ON SPECIAL-METHODICAL TRAINING OF THE FUTURE TEACHERS OF MATHEMATICS

Abstract

In the conditions of functioning of various types of organizations of general secondary education, including international, important is the professionally and pedagogically directed support of the educational activity of students - future teachers. As a result, these changes lead to new requirements in the work of the teacher and his professional training in the university, in particular the subject-methodological training of the future mathematics teacher.

Also, important in improving the training of a mathematics teacher is the implementation of the professional and pedagogical direction and teaching of special mathematical disciplines, which involves the revision of the program of special subjects for the purpose of their professional orientation. In this case, the process of professional training of a teacher of mathematics is based on balanced special mathematical and methodical preparations.

The article is devoted to the system of special mathematical and methodical training of future mathematics teachers in a pedagogical university. At the same time, the main components are the correlation of special mathematical and methodical disciplines and the professional pedagogical orientation of instruction, as well as the quality educational and methodological support of the educational process (curricula, programs, tutorials and textbooks), forms and methods of its organization in the pedagogical college.

Keywords: mathematics, methodology, educational process, teacher training, teacher training university, vocational guidance.

Аңдатпа

А.Е. Әбілқасымова¹, Л. Жумалиева²

¹*п.ғ.д., Абай атындағы ҚазҰПУ Математика, физика және информатика институтының профессоры, Алматы қ., Қазақстан*

²*Абай атындағы ҚазҰПУ PhD докторанты, г.Алматы, Қазақстан*

БОЛАШАҚ МАТЕМАТИКА МҰҒАЛІМДЕРІН АРНАЙЫ - ӘДІСТЕМЕЛІК ДАЯРЛАУ ТУРАЛЫ

Қазіргі кезде жалпы орта білім беру ұйымдарының әртүрлі типтерінің, сонымен бірге халықаралық ұйымдарының қызмет етуі жағдайында болашақ мұғалімдер-білім алушыларға білім беруде кәсіби педагогикалық бағытта қолдау көрсету маңызды болып табылады. Мұндай өзгерістер мұғалім жұмысына және оның жоғары оқу орнындағы кәсіби даярлығына, оның ішінде, болашақ математика мұғалімінің пәндік-әдістемелік дайындығына жаңа талаптарды қояды. Сонымен бірге, математика мұғалімдерін даярлауды жетілдіруде кәсіби педагогикалық бағытты жүзеге асыру және арнайы математикалық пәндерді оқыту маңызды болады. Бұл оларды кәсіби бағдарлау мақсатында арнайы пәндердің бағдарламаларын қайта қарауды қажет етеді. Мұнда математика мұғалімдерін кәсіби даярлау процесі арнайы теңгермелі математикалық және әдістемелік дайындау негізінде құрылуы керек.

Мақала педагогикалық жоғары оқу орындарында болашақ математика мұғалімдерін арнайы математикалық және әдістемелік даярлау жүйесіне арналған. Оның негізгі құраушыларына педагогикалық жоғары оқу орнындағы арнайы математикалық және әдістемелік пәндердің өзара байланыстылығы және оқытудың кәсіби педагогикалық бағыттылығы, сондай-ақ оқу процесінің сапалы оқу-әдістемелік (оқу жоспары, бағдарламалар, оқулықтар мен оқу құралдары) қамтамасыз етілуі, оны ұйымдастырудың формалары мен әдістері жатады.

Түйін сөздер: математика, әдістеме, оқу процесі, мұғалімді даярлау, педагогикалық жоғары оқу орны, кәсіби бағытта оқыту.

Аннотация

А.Е.Абылкасымова¹, Л. Жумалиева²

*¹д.п.н., профессор Института математики, физики и информатики при КазНПУ им. Абая,
г. Алматы, Казахстан*

²PhD докторант КазНПУ имени Абая, г.Алматы, Казахстан

О СПЕЦИАЛЬНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ БУДУЩЕГО УЧИТЕЛЯ МАТЕМАТИКИ

В условиях функционирования различных типов организаций общего среднего образования, в том числе международных, важным является профессионально-педагогически направленное сопровождение образовательной деятельности обучающихся – будущих учителей. Как следствие, эти изменения приводят к новым требованиям в работе учителя и его профессиональной подготовке в вузе, в частности предметно-методической подготовке будущего учителя математики.

Также важным в совершенствовании подготовки учителя математики является реализация профессионально-педагогической направленности и преподавание специальных математических дисциплин, которые предполагают пересмотр программ специальных предметов с целью их профессиональной ориентации. При этом процесс профессиональной подготовки учителя математики строится на основе сбалансированной специальной математической и методической подготовок.

Статья посвящена системе специальной математической и методической подготовки будущих учителей математики в педагогическом вузе. При этом основными составляющими являются скоррелированность специальных математических и методических дисциплин и профессионально-педагогическая направленность обучения, а также качественное учебно-методическое обеспечение учебного процесса (учебные планы, программы, учебные пособия и учебники), формы и методы его организации в педвузе.

Ключевые слова: математика, методика, учебный процесс, подготовка учителя, педвуз, профессионально-направленное обучение

The current stage of the operation of various types of organizations of secondary education, including international ones, sets new challenges for school mathematical education and establishes higher requirements for professionally-oriented training of mathematics teacher and his/hers methodical skills.

In Kazakhstan pedagogical staff and mathematics teachers in particular are being trained in universities and pedagogical higher institutions. Training in the latter is more widespread though. However, during the training of mathematics teachers not all higher institutions take into account the balance of special mathematical and methodical preparations, therefore teaching of mathematical disciplines is weakly correlated with its methodology.

In our opinion, initially the content of mathematical education in pedagogical higher institutions should focus on the implementation of the principle of continuity and professional orientation of mathematics study course, i.e. it should represent successively connected branches of mathematics, including integration with the methodological disciplines, which will significantly improve the quality of the special methodical preparation of the future mathematics teachers. What is important is the need for inclusion in the curricula of a greater number of hours for in-depth study of school mathematics, integrated math courses (algebra and number theory, mathematical analysis and the theory of functions, geometry, etc.) with sections of elementary mathematics, as well as the basis of probability theory, numerical systems, mathematics history, elements of mathematical statistics and the cycle of teaching-methodical disciplines providing training for mathematics teachers. On one hand it would fill the gaps of school and university mathematics courses, and on the other would strengthen special mathematical preparation of future teachers in the conditions of differentiation of types of education organizations as well as training profile differentiation.

Until now (2016-2017 school year) it was not possible to provide a systematic presentation of the issues of elementary mathematics at a high scientific and methodological level in the course of training (training of future mathematics teachers) at Kazakh national pedagogical university because there was no course of elementary mathematics in the curriculum as well as the courses of physics and informatics. At the same time existing mathematical disciplines in the curriculum were poorly adjusted to the content of school mathematics education.

Whereas, in our opinion, the programs of mathematical and professional cycles of curricular disciplines in undergraduate teacher training should focus on implementation of the principle of continuity of mathematical education, so that the students have the opportunity to correct and summarize their basic knowledge of school mathematics at a higher quality level. Such courses as “Basics of school mathematics”, “Fundamentals of mathematical analysis” et al., studied in the first year, would become the link between the school and the university, fill the gaps in the knowledge of students, strengthen and systematize the available information from different branches of mathematics, orient the students to their future profession.

That is why we needed to restore in the curriculum of our university, approved by the republican educational-

methodical council, a number of disciplines (from 1st to 4th year), including elementary math, elementary physics and computer science courses). Upon our proposal, the curriculum in educational math has been supplemented by such subjects and courses as “Scientific bases of school mathematics”, “Fundamentals of mathematical analysis”, “Methods for solving non-standard problems in mathematics”, “The profile and level differentiation of teaching mathematics”, “Modern problems of mathematics education at school and in higher institution” and others. The basis of these courses consists of main school mathematics subjects such as real numbers, identical transformations, functions and their graphs, equations and inequalities, basics of analysis, geometry on the plane and in the space, coordinates and vectors and others, and sufficient number of hours (3-4 credits) has been allocated for their study. All the above has allowed not only to fill the gaps in the knowledge of students, but also helped consolidate and organize existing knowledge of students from school and university branches of mathematics with a focus on the future profession of mathematics teacher.

Our long-term experience in pedagogical higher institution shows that training of mathematical disciplines has to be correlated with the methodology of teaching mathematics, i.e. for the training of future mathematics teacher balance of special mathematical and methodical preparation is required. Therefore, professional-pedagogical oriented mathematical education must start in the first years in higher institution and then has to be studied in depth within methodical disciplines such as “Methodical bases for solving mathematical tasks”, “Theory and methods of mathematics teaching”, “Workshop on methods of teaching mathematics”, “Methodical bases of differentiated teaching mathematics at school”, “Organization of teaching mathematics. Modern lesson”, “History of mathematics” and others.

Methodical preparation of mathematics teacher is done by us primarily in the courses of methods of mathematics teaching, in a workshop for solving tasks, in special courses by choice, in special seminars on methods of teaching mathematics, during pedagogical practice and also during preparation of a diploma work on methods of teaching mathematics. This approach helps future school teachers of mathematics to absorb all the knowledge they received in higher institutions, both in school and university mathematics as well as in pedagogy, psychology, methods and methodology of teaching other disciplines, which ultimately will provide learning of main types of student educational activities, which they will carry out in their practice.

Thus, issues of methodical preparation of future teachers constantly must be in the field of teachers of special mathematical disciplines, which is happening at present time. While it is known that methodical preparation is supposed to provide future teachers with the ability to consider not only individual facts but also acquire skills for considering subject as a whole, i.e. in its methodical and logical connection.

One of possible options for constructing the course of methods of teaching mathematics is offered by us in the manual for students of higher institutions “Theory and methods of teaching mathematics: didactical and methodical aspect” (in Kazakh, Russian and English languages) [2]. This approach has been applied in Abai Kazakh National Pedagogical University and it certainly gives the necessary positive results in special mathematical and methodical preparation of our graduates.

References:

1. Abylkassymova A.E. *Problems of methodology of educating to mathematics in the conditions of profile orientation of school mathematical education// Mathematical design and information technologies in education and science: Materials of VI of international scientifically-methodical conference.* – Almaty: KazNPU, 2013. – 7p.
2. Abylkassymova A.E. *Theory and methods of teaching mathematics: didactical and methodical aspect. Manual.* - Almaty: Mektep, 2014. – 212p.
3. Abylkassymova A.E. *On some aspects of theory and methods of teaching mathematics.* // *Science and world*, 2014. - №3 (7), March. – 7p.
4. Abylkassymova A.E., Zhumaliev L.D. *The Influence of the "Turkish vector" to the Teaching of the Exact Sciences in the Modern Educational System of Kazakhstan: The Case of the Teaching of Algebra and Mathematics//International Review of Management and Marketing, ISSN:2146-4405.* – Turkey, 2016. – 11p.
5. Lukankin G.L. *Scientifically-methodical bases of professional preparation of future teachers of mathematics are in pedagogical educational establishments.* // *Materials of international conference on didactic testsof mathematics teachers' preparation.* - Prague, publishing house: KU, 2008. – 7p.
6. Mamontova T.S. *About the question of methodical preparation of future teacher of mathematics.* // *Announcer of Ishim state pedagogical college named after Ershov*, 2013. - №4. - 9p.

ӘОЖ 519.624, 517.956.3
МРНТИ27.31.17

Э.А. Бакирова¹, Ж.М. Қадырбаева²,
К.Р. Момынжанова², К.П. Кенжебаева²

¹ ф.-м.ғ.к., Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университетінің профессоры,
Алматы қ., Қазақстан

² ф.-м.ғ.к., Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университетінің оқытушысы,
Алматы қ., Қазақстан

^{3,4} Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университетінің «Информатика» мамандығының
магистранты, Алматы, Қазақстан

ЖҮКТЕЛГЕН ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕНДЕУЛЕР ЖҮЙЕСІНЕ АРНАЛҒАН КӨПНҮКТЕЛІ ШЕТТІК ЕСЕПТІ ШЫҒАРУДЫҢ САНДЫҚ ЖҮЗЕГЕ АСЫРЫЛУЫ

Аңдатпа

Параметрлеу әдісі негізінде жүктелген дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін сызықты көпнүктелі шеттік есеп зерттеледі. Қарастырылып отырған шеттік есеп бастапқы және жүктеу нүктелерінде қосымша параметрлер енгізу арқылы параметрлі пара-пара шеттік есепке келтіріледі. Пара-пара шеттік есеп параметрлі жәй дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін Коши есебінен, шеттік және үзіліссіздік шарттарынан тұрады. Параметрлі жәй дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін Коши есебінің шешімі дифференциалдық теңдеудің фундаменталдық матрицасының көмегімен тұрғызылады. Тұрғызылған шешімнің шеттік және үзіліссіздік шарттарына кіретін сәйкес нүктелердегі мәндерін тауып және орнына қоя отырып, параметрлерге қарасты сызықтық алгебралық теңдеулер жүйесі құрылады.

Түйін сөздер: теңдеу, жүктеу, фундаменталдық матрица, сандық шешім.

Аннотация

Э.А. Бакирова¹, Ж.М. Кадирбаева²,
К.Р. Момынжанова³, К.П. Кенжебаева⁴

¹ к.-ф.м.н., профессор Казахского государственного женского педагогического университета,
г. Алматы, Казахстан

² к.-ф.м.н., преподаватель Казахского государственного женского педагогического университета,
г. Алматы, Казахстан

^{3,4} магистрант специальности «Информатика» Казахского государственного женского педагогического
университета, г. Алматы, Казахстан

ЧИСЛЕННАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ МНОГОТОЧЕЧНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ СИСТЕМ НАГРУЖЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

На основе метода параметризации исследуется линейная многоточечная краевая задача для системы нагруженных дифференциальных уравнений. Рассматриваемая краевая задача путем введения дополнительных параметров в начальной точке и в точках нагружения сводится к эквивалентной краевой задаче с параметрами. Эквивалентная краевая задача с параметрами состоит из задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений с параметрами, краевого условия и условия непрерывности. Решение задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений с параметрами строится с помощью фундаментальной матрицы дифференциального уравнения. Подставляя значения в соответствующих точках построенного решения в краевое условие и условие непрерывности, составляется система линейных алгебраических уравнений относительно параметров.

Ключевые слова: уравнение, нагрузка, фундаментальная матрица, численное решение.

Abstract

NUMERICAL IMPLEMENTATION FOR SOLVING OF MULTIPOINT BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR THE SYSTEM OF LOADED DIFFERENTIAL EQUATIONS

Bakirova E.A.¹, Kadirbayeva Zh.M.²,
Mominzhanova K.R.³, Kenzhebaeva K.P.⁴

¹ Cand. Sci. (Phys.-Math), Professor of Kazakh State Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan

² Cand. Sci. (Phys.-Math), Lecturer of Kazakh State Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan

^{3,4} Student of Master Programme in Computer Science, Kazakh State Women's Teacher Training University,
Almaty, Kazakhstan

A linear multipoint boundary value problem for the system of loaded differential equations are investigated on the basis of the parameterization method. Considering problem by introducing additional parameters at the initial point and loading points is reduced to an equivalent boundary value problem with parameters. The equivalent boundary value problem with parameters

consist of the Cauchy problem for the system of ordinary differential equations with parameters, boundary condition and condition of continuity. The solution of the Cauchy problem for the system of ordinary differential equations with parameters is constructed using the fundamental matrix of the differential equation. The system of a linear algebraic equations with respect to the parameters are composed by substituting the values of the corresponding points in the built solutions to the boundary condition and the condition of continuity.

Key words: equation, load, fundamental matrix, numerical solution.

Әр түрлі табиғи құбылыстар мен техникалық үдерістерді зерттеу жүктелген дифференциалдық теңдеулерге алып келеді. Сонымен қатар, механикалық, биологиялық және химиялық құбылыстарды математикалық модельдеу кезінде жүктелген дифференциалдық теңдеулер үшін шеттік есептер пайда болады. Жүктелген теңдеулер теориясын дамуытуға А.М. Нахушевтің [1,2] жұмыстары қомақты үлес қосты. Оның еңбектерінде жүктелген дифференциалдық теңдеулердің, жүктелген интегралдық-дифференциалдық теңдеулердің және жүктелген функционалдық теңдеулердің анықтамалары берілген. А.М. Нахушев пен оның шәкірттерінің жұмыстары [3] жүктелген дифференциалдық теңдеулер үшін шеттік есептерді қарқынды және жүйелі түрде зерттеуге мүмкіндік берді. М.Т. Жиенәлиев [4] пен оның шәкірттерінің еңбектерінде жүктелген дифференциалдық теңдеулер үшін біртекті емес шеттік есептерінің Соболев кеңістіктеріндегі шешілімділігі мәселелері зерттелді. В.М. Абдуллаев пен К.Р. Айда-заде [5,6] жұмысында бастапқы және бөлінбеген көп нүктелі шарттары бар жәй дифференциалдық теңдеулер жүйесін шешудің сандық әдісі ұсынылған. Жүктелген дифференциалдық теңдеулер үшін шеттік есептерді зерттеуге жәй дифференциалдық теңдеулер үшін шеттік есептердің теориясының тәсілдері кеңінен қолданылады.

Өткен ғасырдың 80-ші жылдары Д.С. Жұмабаевтің [7] еңбектерінде жәй дифференциалдық теңдеулер үшін шеттік есептерді зерттеу мен шешуге арналған параметрлеу әдісі ұсынылған болатын. Параметрлеу әдісінің мәні – дифференциалдық теңдеу қарастырылатын аралық белгілі бір $h > 0$ кадаммен бөліктерге бөлінеді және бастапқы есеп параметрі бар пара-пар есепке келтіріледі. Параметрі бар есептің шешімі параметр мен белгісіз функцияның жұптарының жүйелерінің тізбегінің шегі ретінде анықталады. Параметр шеттік шарттар мен дифференциалдық теңдеулер жүйесі матрицалары арқылы құрастырылатын сызықты теңдеулер жүйесінен табылатын болса, ал белгісіз функциялар ұзындығы $h > 0$ болатын аралықтардағы параметрдің табылған мәндеріндегі Коши есебінің шешімі ретінде табылады. Параметрді енгізу параметрлеу әдісінің алгоритмдерінің жинақтылығы шарттарын қарастырып отырған есептің бастапқы берілгендер терминінде тағайындауға мүмкіндік берді.

Қазіргі таңда табиғат пен қоршаған ортада болып жатқан көптеген құбылыстардың математикалық моделі ретінде жәй дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін көпнүктелі шеттік есептер қарастырылып, арнайы зерттеуді қажет етеді. Көпнүктелі шеттік есептерді шешу барысында Грин функциясын тұрғызуға және шеттік шарттардағы нүктелердің орналасуына байланысты көптеген қиындықтар туындайды. Осыған байланысты параметрлеу әдісі жәй дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін көпнүктелі шеттік есептерге дамытылған болатын. А.Е. Иманчиевтің [8, 9] еңбектері жәй дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін көпнүктелі шеттік есептің шешімдерін табу алгоритмдерін құруға және шешімділігінің коэффициенттік шарттарын алуға арналған. Жәй дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін сызықты көпнүктелі шеттік есептің бірімәнді шешілімділігінің, сызықты емес көпнүктелі шеттік есептің шешілімділігінің қажетті және жеткілікті шарттары бастапқы берілгендер терминінде тағайындалған, сонымен бірге шешімдерді табу алгоритмдері ұсынылған.

Э.А. Бакирова [10, 11] мен Ж.М. Қадырбаеваның [12, 13] еңбектерінде параметрлеу әдісі жүктелген дифференциалдық теңдеулер жүйесіне арналған қос нүктелі шеттік есептерді шешу қолданылып, дамытылған. Осы әдістің көмегімен жүктелген дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін екі нүктелі шеттік есептің бірімәнді шешілімділігінің қажетті және жеткілікті шарттары бастапқы берілгендер терминінде алынып, оның шешімін табудың қос параметрлі алгоритмдері ұсынылған.

Жүктелген дифференциалдық теңдеулердің, жәй дифференциалдық теңдеулерге қарағанда, бірқатар елеулі ерекшеліктері бар. Сол себепті бұл жұмыста жүктелген дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін сызықты көпнүктелі шеттік есеп $[0, T]$ кесіндісінде қарастырылады:

$$\frac{dx}{dt} = A_0(t)x + \sum_{i=1}^m A_i(t)x(\theta_i) + f(t), \quad t \in (0, T), \quad x \in R^n, \quad (1)$$

$$\sum_{j=0}^{m+1} B_j x(\theta_j) = d, \quad d \in R^n, \quad (2)$$

мұндағы $(n \times n)$ өлшемді $A_i(t)$, $i = 0, m$, матрицалары және n -өлшемді $f(t)$ вектор-функциясы $[0, T]$

аралығында үзіліссіз, B_j , $j = \overline{0, m+1}$ – $(n \times n)$ өлшемді тұрақты матрицалар, $0 = \theta_0 < \theta_1 < \dots < \theta_m < \theta_{m+1} = T$, d – n -өлшемді тұрақты вектор,

$$\|x\| = \max_{i=1, n} |x_i|, \|A(t)\| = \max_{i=1, n} \sum_{j=1}^n |a_{ij}(t)| \leq \alpha, \alpha - const.$$

Ұсынылып отырған жұмыста көпнүктелі шеттік есептің шешімін табуға параметрлеу әдісімен бірге фундаменталдық матрица пайдаланылады. (1), (2) есебінің шешімділік шарттары $A_i(t)$, $i = \overline{0, m}$ мен B_j , $j = \overline{0, m+1}$, матрицалары және $\frac{dx}{dt} = A(t)x$ біртекті дифференциалдық теңдеудің фундаменталдық матрицасы арқылы құрылған матрица терминінде тағайындалады. Шешімділік шарттарын тексеру үшін мысал ретінде өлшемі екіге тең болатын жүктелген дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін үшнүктелі шеттік есеп қарастырылады.

$C([0, T], R^n)$ арқылы $[0, T]$ аралығында үзіліссіз $x : [0, T] \rightarrow R^n$ функцияларының кеңістігін белгілейміз, онда норма $\|x\|_1 = \max_{t \in [0, T]} \|x(t)\|$ түрінде анықталады.

(1), (2) есебінің шешімі деп $[0, T]$ аралығында үзіліссіз дифференциалданатын (1) жүктелген дифференциалдық теңдеулер жүйесін қанағаттандыратын және $x^*(\theta_j)$, $j = \overline{0, m+1}$ үшін (2) теңдігі орынды болатын $x^*(t) \in C([0, T], R^n)$ вектор-функциясын айтамыз.

(1), (2) есебіне параметрлеу әдісін қолданайық. $[0, T]$ интервалын жүктеу нүктелерінде ішкі интервалдарға бөлейік: $[0, T] = \bigcup_{r=1}^{m+1} [\theta_{r-1}, \theta_r)$.

$C([0, T], \theta, R^{n(m+1)})$ арқылы $x[t] = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_{m+1}(t))$ функциялар жүйесінің кеңістігін белгілейміз, мұнда $\|x[\cdot]\|_2 = \max_{r=1, m+1} \sup_{t \in [\theta_{r-1}, \theta_r)} \|x_r(t)\|$, $x_r : [\theta_{r-1}, \theta_r) \rightarrow R^n$, функциялары үзіліссіз және

$\lim_{t \rightarrow \theta_r - 0} x_r(t)$, $r = \overline{1, m+1}$ ақырлы сол жақ шектері бар.

(1), (2) есебінің шешімі болатын $x(t)$ функциясының $t \in [\theta_{r-1}, \theta_r)$, $r = \overline{1, m+1}$, аралығында сығылуын $x_r(t)$, $r = \overline{1, m+1}$, деп белгілейік, яғни $x_r(t) = x(t)$, $t \in [\theta_{r-1}, \theta_r)$, $r = \overline{1, m+1}$. Ізделінді функцияның $t = \theta_{r-1}$, $r = \overline{1, m+1}$, нүктелеріндегі мәндерін $\lambda_r = x_r(\theta_{r-1})$, $r = \overline{1, m+1}$, деп белгілеп, $t \in [\theta_{r-1}, \theta_r)$, $r = \overline{1, m+1}$, аралықтарында $u_r(t) = x_r(t) - \lambda_r$, $r = \overline{1, m+1}$, алмастыруларын жасап, келесі пара-пара параметрлі есепке көшейік:

$$\frac{du_r}{dt} = A_0(t)(u_r + \lambda_r) + \sum_{i=1}^m A_i(t)\lambda_{i+1} + f(t), \quad t \in [\theta_{r-1}, \theta_r), r = \overline{1, m+1}, \quad (3)$$

$$u_r(\theta_{r-1}) = 0, \quad r = \overline{1, m+1}, \quad (4)$$

$$\sum_{j=0}^m B_j \lambda_{j+1} + B_{m+1} \lambda_{m+1} + B_{m+1} \lim_{t \rightarrow T-0} u_{m+1}(t) = d, \quad (5)$$

$$\lambda_p + \lim_{t \rightarrow \theta_p - 0} u_p(t) = \lambda_{p+1}, \quad p = \overline{1, m}. \quad (6)$$

(3)-(6) есебінің шешімі элементтері $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{m+1}) \in R^{n(m+1)}$, $u[t] = (u_1(t), u_2(t), \dots, u_{m+1}(t)) \in C([0, T], \theta, R^{n(m+1)})$ болатын $(\lambda, u[t])$ жұптар жүйесі болып табылады, мұндағы $u_r(t)$, $r = \overline{1, m+1}$, функциялары $t \in [\theta_{r-1}, \theta_r)$, $r = \overline{1, m+1}$, аралықтарында үзіліссіз дифференциалданады және $\lambda_r = \lambda_r^*$, $r = \overline{1, m+1}$ болғанда (3) жәй дифференциалдық теңдеулер жүйесін және (4)-(6) шарттарын қанағаттандырады.

(1), (2) және (3)-(6) есептері пара-пар болады. Егер $x(t)$ функциясы (1), (2) есебінің шешімі болса, онда $(\lambda, u[t])$ жұбы, мұнда $\lambda = (x(\theta_0), x(\theta_1), \dots, x(\theta_m))$, $u[t] = (x(t) - x(\theta_0), x(t) - x(\theta_1), \dots, x(t) - x(\theta_m))$, (3)-(6) есебінің шешімі болады. Керісінше, егер $(\tilde{\lambda}, \tilde{u}[t])$ жұбы, мұндағы $\tilde{\lambda} = (\tilde{\lambda}_1, \tilde{\lambda}_2, \dots, \tilde{\lambda}_{m+1}) \in R^{n(m+1)}$, $\tilde{u}[t] = (\tilde{u}_1(t), \tilde{u}_2(t), \dots, \tilde{u}_{m+1}(t)) \in C([0, T], \theta, R^{n(m+1)})$ (3)-(6) есебінің шешімі болса, онда $\tilde{x}(t) = \tilde{\lambda}_r + \tilde{u}_r(t)$, $t \in [\theta_{r-1}, \theta_r)$, $r = \overline{1, m+1}$, $\tilde{x}(T) = \tilde{\lambda}_{m+1} + \lim_{t \rightarrow T-0} \tilde{u}_{m+1}(t)$ теңдіктерімен анықталатын $\tilde{x}(t)$ функциясы (1), (2) есебінің шешімі болады.

Параметрлерді енгізу $u[t] = (u_1(t), u_2(t), \dots, u_{m+1}(t))$ белгісіз функциялар жүйесінің компоненттері үшін $u_r(t_{r-1}) = 0$, $r = \overline{1, m+1}$, бастапқы шарттарыналуға мүмкіндік береді және $(\tilde{\lambda}_1, \tilde{\lambda}_2, \dots, \tilde{\lambda}_{m+1})$ параметрлерінің бекітілген мәндерінде (3), (4) есебі Коши есебі болып табылады. Коши есебі $t \in [\theta_{r-1}, \theta_r)$, $r = \overline{1, m+1}$, аралықтарында жеке-жеке шешіледі және шешімді табу үшін фундаменталдық матрица пайдаланылады.

Бастапқы (4) шарттарын қанағаттандыратын (3) жәй дифференциалдық теңдеулер жүйесінің шешімін параметрлердің бекітілген мәндерінде фундаменталдық матрица арқылы жазайық:

$$u_r(t) = X(t) \int_{\theta_{r-1}}^t X^{-1}(\tau) \left\{ A_0(\tau) \lambda_r + \sum_{i=1}^m A_i(\tau) \lambda_{i+1} + f(\tau) \right\} d\tau, \quad t \in [\theta_{r-1}, \theta_r), \quad r = \overline{1, m+1}. \quad (7)$$

(7) өрнегінің оң жағын (5), (6) шарттарына қойып, λ_r , $r = \overline{1, m+1}$, параметрлеріне қатысты төмендегі алгебралық теңдеулер жүйесін аламыз:

$$\sum_{j=0}^m B_j \lambda_{j+1} + B_{m+1} \lambda_{m+1} + B_{m+1} X(T) \int_{\theta_m}^T X^{-1}(\tau) \left\{ A_0(\tau) \lambda_{m+1} + \sum_{i=1}^m A_i(\tau) \lambda_{i+1} \right\} d\tau =$$

$$= d - B_{m+1} X(T) \int_{\theta_m}^T X^{-1}(\tau) f(\tau) d\tau,$$

$$\lambda_p + X(\theta_p) \int_{\theta_{p-1}}^{\theta_p} X^{-1}(\tau) \left\{ A_0(\tau) \lambda_p + \sum_{i=1}^m A_i(\tau) \lambda_{i+1} \right\} d\tau - \lambda_{p+1} = -X(\theta_p) \int_{\theta_{p-1}}^{\theta_p} X^{-1}(\tau) f(\tau) d\tau, \quad p = \overline{1, m}. \quad (9)$$

(8), (9) теңдеулер жүйесін келесі түрде жазайық:

$$Q(\theta) \lambda = -F(\theta), \quad (10)$$

мұндағы $(n(m+1) \times n(m+1))$ өлшемді $Q(\theta)$ матрицасы (8), (9) теңдеулер жүйесінің сол жағымен анықталады, ал $n(m+1)$ -өлшемді $F(\theta)$ векторы келесі түрде болады:

$$F(\theta) = \left(-d + B_{m+1} X(T) \int_{\theta_m}^T X^{-1}(\tau) f(\tau) d\tau, X(\theta_1) \int_{\theta_0}^{\theta_1} X^{-1}(\tau) f(\tau) d\tau, \dots, X(\theta_m) \int_{\theta_{m-1}}^{\theta_m} X^{-1}(\tau) f(\tau) d\tau \right)'$$

(1), (2) жүктелген дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін сызықты көпнүктелі шеттік есебінің шешімділігі (10) жүйенің шешімділігіне пара-пар. (10) жүйенің шешімі болып табылатын $\lambda^* = (\lambda_1^*, \lambda_2^*, \dots, \lambda_{m+1}^*) \in R^{n(m+1)}$ векторы (1), (2) есебінің ішкі интервалдардың бастапқы нүктелердегі шешімнің мәндерінен тұрады, яғни $\lambda_r = x(\theta_{r-1})$, $r = \overline{1, m+1}$.

Егер де (10) жүйенің шешімі $\lambda^* = (\lambda_1^*, \lambda_2^*, \dots, \lambda_{m+1}^*)$ векторы белгілі болса, онда (1), (2) жүктелген дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін сызықты көпнүктелі шеттік есебінің шешімі төмендегі теңдіктермен анықталады:

$$x^*(t) = X(t) X^{-1}(\theta_{r-1}) \lambda_r^* + X(t) \int_{\theta_{r-1}}^t X^{-1}(\tau) \left\{ \sum_{i=1}^m A_i(\tau) \lambda_{i+1}^* + f(\tau) \right\} d\tau, \quad t \in [\theta_{r-1}, \theta_r), \quad r = \overline{1, m+1}, \quad (11)$$

$$x^*(T) = X(T)X^{-1}(\theta_m)\lambda_{m+1}^* + X(T)\int_{\theta_m}^T X^{-1}(\tau)\sum_{i=1}^m A_i(\tau)\lambda_{i+1}^* d\tau + X(T)\int_{\theta_m}^T X^{-1}(\tau)f(\tau)d\tau. \quad (12)$$

(11), (12) өрнектері (1), (2) жүктелген дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін сызықты көпнүктелі шеттік есебінің шешімінің аналитикалық формасын береді.

Ал енді параметрлеу әдісінің сандық жүзеге асырылуын қарастырайық. (10) жүйенің коэффициенттері мен оң жағы

$$\frac{dz}{dt} = A_0(t)z + A_j(t), z(\theta_{r-1}) = 0, \quad j = \overline{0, m}, \quad r = \overline{1, m+1}, \quad (13)$$

$$\frac{dz}{dt} = A_0(t)z + f(t), z(\theta_{r-1}) = 0, \quad r = \overline{1, m+1}. \quad (14)$$

Коши есептерінің шешімдерінен құралады. 4-ші ретті Рунге-Кутта әдісін (13), (14) Коши есептерін сандық шешу үшін қолдана отырып (1), (2) жүктелген дифференциалдық теңдеулер жүйесіне арналған сызықты көпнүктелі шеттік есебінің сандық шешімін табу алгоритмі құрылады.

Бөліктеуіміз $0 = \theta_0 < \theta_1 < \dots < \theta_m < \theta_{m+1} = T$ болсын. Әрбір $[\theta_{i-1}, \theta_i)$, $i = \overline{1, m+1}$, ішкі интервалы N_i бөлікке бөлінеді, (13) жүйенің коэффициенттері мен оң жағының жуық мәндері әрбір i -ші интервалда $h_i = (\theta_i - \theta_{i-1})/N_i$, $i = \overline{1, m+1}$, қадаммен 4-ші ретті Рунге-Кутта әдісін қолдану арқылы матрицалық және векторлық Коши есептерін шешумен анықталады. Олай болса λ параметріне қатысты келесідей алгебралық теңдеулер жүйесін аламыз:

$$Q_*^{\tilde{h}}(\theta)\lambda = -F_*^{\tilde{h}}(\theta), \quad \lambda \in R^{n(m+1)}, \quad \tilde{h} = (h_1, h_2, \dots, h_{m+1}). \quad (15)$$

(15) алгебралық теңдеулер жүйесін шешіп $\lambda^{\tilde{h}} \in R^{n(m+1)}$ векторын табамыз, мұндағы $x^{\tilde{h}_r}(\theta_0) = \lambda_1^{\tilde{h}}$, $x^{\tilde{h}_r}(\theta_1) = \lambda_2^{\tilde{h}}$, ..., $x^{\tilde{h}_r}(\theta_m) = \lambda_{m+1}^{\tilde{h}}$. Ішкі интервалдардың басқа нүктелеріндегі шешімнің жуық мәндері төмендегі Коши есептерін шешумен анықталады:

$$\frac{dx}{dt} = A_0(t)x + \sum_{i=1}^m A_i(t)\lambda_{i+1}^{\tilde{h}} + f(t), \quad x(\theta_{r-1}) = \lambda_r^{\tilde{h}}, \quad t \in [\theta_{r-1}, \theta_r), \quad r = \overline{1, m+1}. \quad (16)$$

(16) Коши есептерін сандық шешімін табу үшін тағы да 4-ші ретті Рунге-Кутта әдісін қолдана отырып (1), (2) жүктелген дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін сызықты көпнүктелі шеттік есебінің сандық шешімі анықталады.

Келтірілген алгоритмнің жүзеге асырылуын көрсету мақсатында келесі мысалдарды қарастырайық. $[0, 1]$ кесіндісінде жүктелген дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін төмендегідей үш нүктелі шеттік есеп берілсін:

$$\frac{dx}{dt} = A_0(t)x + A_1(t)x(\theta_1) + f(t), \quad t \in (0, T), \quad x \in R^2, \quad (17)$$

$$B_0x(\theta_0) + B_1x(\theta_1) + B_2x(\theta_2) = d, \quad d \in R^2. \quad (18)$$

1-мысал. $\theta_0 = 0, \theta_1 = \frac{1}{2}, \theta_2 = T = 1, A_0(t) = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 2 & 1 \end{pmatrix}, A_1(t) = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 2 & t \end{pmatrix}, f(t) = \begin{pmatrix} 0 \\ -6t - 8 \end{pmatrix},$

$$B_0 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, B_1 = \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 3 \end{pmatrix}, B_2 = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -2 \end{pmatrix}, d = \begin{pmatrix} 2 \\ 6 \end{pmatrix}.$$

Қарастырып отырған есепте фундаменталдық матрица $X(t) = \begin{pmatrix} e^{2t} & e^{-t} \\ 2e^{2t} & -e^{-t} \end{pmatrix}.$

$\lambda_1 \hat{=} x(0), \lambda_2 \hat{=} x(1/2)$ параметрлерін енгізіп, $u_1(s) = x(s) - \lambda_1, s \in [0, 1/2), u_2(s) = x(s) - \lambda_2, s \in [0, 1/2)$ алмастыруларын жасайық. Онда функциялар мына түрге келеді:

$$u_1(t) = \begin{pmatrix} -\frac{1}{3}(3 - e^{2t} - 2e^{-t}) & \frac{1}{3}(e^{2t} - e^{-t}) \\ \frac{2}{3}(e^{2t} - e^{-t}) & -\frac{1}{3}(3 - 2e^{2t} - 2e^{-t}) \end{pmatrix} \lambda_1 + \begin{pmatrix} -\frac{1}{3}(3 - e^{2t} - 2e^{-t}) & -\frac{1}{12}(6t - 3 - e^{2t} + 4e^{-t}) \\ -\frac{2}{3}(e^{-t} - e^{2t}) & -\frac{1}{6}(3 - e^{2t} - 2e^{-t}) \end{pmatrix} \lambda_2 + \quad (19)$$

$$+ \begin{pmatrix} \frac{1}{6}(18t + 15 - 11e^{2t} - 4e^{-t}) \\ \frac{1}{3}(9 - 11e^{2t} + 2e^{-t}) \end{pmatrix}, \quad t \in \left[0, \frac{1}{2}\right],$$

$$u_2(t) = \begin{pmatrix} -\frac{2}{3}\left(3 - e^{2t-1} - 2e^{-t+\frac{1}{2}}\right) & -\frac{1}{4}\left(2t - 1 - 2e^{2t-1} + 2e^{-t+\frac{1}{2}}\right) \\ -\frac{4}{3}\left(-e^{2t-1} + e^{-t+\frac{1}{2}}\right) & -\frac{1}{2}\left(3 - 2e^{2t-1} - e^{-t+\frac{1}{2}}\right) \end{pmatrix} \lambda_2 + \quad (20)$$

$$+ \begin{pmatrix} \frac{1}{6}\left(18t + 15 - 14e^{2t-1} - 10e^{-t+\frac{1}{2}}\right) \\ \frac{1}{3}\left(9 - 14e^{2t-1} + 5e^{-t+\frac{1}{2}}\right) \end{pmatrix}, \quad t \in \left[\frac{1}{2}, 1\right],$$

Шеттік шарт пен шешімнің $t=1/2$ болғандағы үзіліссіздік шарты төмендегі параметрлерге тәуелді сызықты алгебралық теңдеулер жүйесіне келтіріледі.

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & \frac{1}{3}\left(9 - 4e^{\frac{1}{2}} - 2e\right) & \frac{1}{4}\left(1 - 2e + 2e^{\frac{1}{2}}\right) \\ 0 & 1 & \frac{1}{3}\left(3 + 8e^{\frac{1}{2}} - 8e\right) & 4 - 2e - e^{\frac{1}{2}} \\ \frac{1}{3}\left(e + 2e^{\frac{1}{2}}\right) & -\frac{1}{3}\left(e^{\frac{1}{2}} - e\right) & -\frac{1}{3}\left(6 - e - 2e^{\frac{1}{2}}\right) & -\frac{1}{12}\left(4e^{\frac{1}{2}} - e\right) \\ -\frac{2}{3}\left(e^{\frac{1}{2}} - e\right) & \frac{1}{3}\left(2e + e^{\frac{1}{2}}\right) & -\frac{2}{3}\left(e^{\frac{1}{2}} - e\right) & -\frac{1}{6}\left(9 - e - 2e^{\frac{1}{2}}\right) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda_{11} \\ \lambda_{12} \\ \lambda_{21} \\ \lambda_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{6}\left(45 - 14e - 10e^{\frac{1}{2}}\right) \\ \frac{2}{3}\left(18 - 14e + 5e^{\frac{1}{2}}\right) \\ -\frac{1}{6}\left(24 - 11e - 4e^{\frac{1}{2}}\right) \\ -\frac{1}{3}\left(9 - 11e + 2e^{\frac{1}{2}}\right) \end{pmatrix}$$

Осыдан $\lambda_{i,j}^*$, $i, j=1,2$, деп белгілеп, параметрлердің сәйкес мәндерін табамыз: $\lambda_{11}^* = 1$, $\lambda_{12}^* = 2$, $\lambda_{21}^* = 2$, $\lambda_{22}^* = 2$. Табылған $\lambda_{i,j}^*$, $i, j=1,2$, мәндерін (19), (20) өрнектеріне қойып $u_1 = \begin{pmatrix} 2t \\ 0 \end{pmatrix}$, $u_2 = \begin{pmatrix} 2t-1 \\ 0 \end{pmatrix}$

аламыз. Сонда бастапқы берілген жүктелген дифференциалдық теңдеулер үшін үш нүктелі шеттік есебінің шешімін табамыз: $x_1(t) = 2t + 1$, $x_2(t) = 2$.

2-мысал.

$$\theta_0 = 0, \theta_1 = \frac{1}{2}, \theta_2 = T = 1, A_0(t) = \begin{pmatrix} 0 & t \\ t^2 & 1 \end{pmatrix}, A_1(t) = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 2 & t \end{pmatrix}, f(t) = \begin{pmatrix} 2t^4 - 3t^3 + t^2 - 2t + 1 \\ t^4 + t^3 - 9t^2 + 7t - \frac{3}{2} \end{pmatrix},$$

$$B_0 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, B_1 = \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 3 \end{pmatrix}, B_2 = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -2 \end{pmatrix}, d = \begin{pmatrix} 0.5 \\ 0.25 \end{pmatrix}.$$

Бұл мысалда дифференциалдық бөліктің матрицасы айнымалы, сол себепті фундаменталдық матрицаны құру мүмкін емес. Мұндай жағдайда параметрлеу әдісі алгоритмінің сандық жүзеге асырылуын қолданамыз.

Төменде келтірілген Коши есептерін 4-ші ретті Рунге-Кутта әдісін қолданып шешейік. $t \in \left[0, \frac{1}{2}\right]$ ішкі интервалындағы бөліктеу санын $N_1 = 10$, ал $t \in \left[\frac{1}{2}, 1\right]$ ішкі интервалындағы бөліктеу санын да $N_2 = 10$ деп алғанда кадам $h_1 = h_2 = 0.05$ болады:

$$\frac{dz}{dt} = A_0(t)z + A_1(t), \quad i = 0,1, \quad t \in \left[0, \frac{1}{2}\right), \quad z(0) = 0,$$

$$\frac{dz}{dt} = A_0(t)z + A_1(t), \quad i = 0,1, \quad t \in \left[\frac{1}{2}, 1\right), \quad z\left(\frac{1}{2}\right) = 0,$$

$$\frac{dz}{dt} = A(t)z + f(t), \quad t \in \left[0, \frac{1}{2}\right), \quad z(0) = 0, \quad \text{және} \quad \frac{dz}{dt} = A(t)z + f(t), \quad t \in \left[\frac{1}{2}, 1\right), \quad z\left(\frac{1}{2}\right) = 0.$$

Әрі қарай $Q^{\tilde{h}}(\theta)$ матрицасы мен $F^{\tilde{h}}(\theta)$ векторын құрып және $Q^{\tilde{h}}(\theta) \cdot \lambda = F^{\tilde{h}}(\theta)$ теңдеулер жүйесін шешіп, параметрдің сандық мәндерін аламыз:

$$\lambda_1^{\tilde{h}} = \begin{pmatrix} -0.00000006 \\ 0.00000007 \end{pmatrix}, \quad \lambda_2^{\tilde{h}} = \begin{pmatrix} 0.25000011 \\ -0.00000003 \end{pmatrix}.$$

Келесі Коши есептеріне қайтадан 4-ші ретті Рунге-Кутта әдісін қолданып, ішкі интервалдардың басқа нүктелеріндегі сандық шешімдерді табамыз:

$$\frac{dx_1}{dt} = A_0(t)x_1 + A_1(t)\lambda_2^{\tilde{h}} + f(t), \quad t \in \left[0, \frac{1}{2}\right), \quad x_1(0) = \lambda_1^{\tilde{h}},$$

$$\frac{dx_2}{dt} = A_0(t)x_2 + A_1(t)\lambda_2^{\tilde{h}} + f(t), \quad t \in \left[\frac{1}{2}, 1\right), \quad x_2\left(\frac{1}{2}\right) = \lambda_2^{\tilde{h}}.$$

Екінші мысалда берілген есептің дәл шешімі $x^*(t) = \begin{pmatrix} -t^2 + t \\ -2t^3 + 3t^2 - t \end{pmatrix}, \quad t \in [0, 1].$

Кесте 1. Есептеулер нәтижелері

t	$\tilde{x}_1(t)$ (сандық шешім)	$x_1^*(t)$	$\tilde{x}_2(t)$ (сандық шешім)	$x_2^*(t)$
0	-0.000000583	0	0.000000695	0
0.05	0.0474999724	0.0475	-0.0427499473	-0.04275
0.1	0.0899999999	0.09	-0.0719999629	-0.072
0.15	0.1275000241	0.1275	-0.0892499771	-0.08925
0.2	0.1600000453	0.16	-0.0959999899	-0.096
0.25	0.1875000635	0.1875	-0.0937500011	-0.09375
0.3	0.2100000789	0.21	-0.0840000108	-0.084
0.35	0.2275000916	0.2275	-0.0682500188	-0.06825
0.4	0.2400001018	0.24	-0.0480000253	-0.048
0.45	0.2475001098	0.2475	-0.0247500302	-0.02475
0.5	0.2500001157	0.25	-0.0000000336	0
0.55	0.2475001199	0.2475	0.0247499645	0.02475
0.6	0.2400001227	0.24	0.0479999641	0.048
0.65	0.2275001246	0.2275	0.0682499653	0.06825
0.7	0.2100001262	0.21	0.0839999681	0.084
0.75	0.1875001279	0.1875	0.0937499728	0.09375
0.8	0.1600001307	0.16	0.0959999797	0.096
0.85	0.1275001354	0.1275	0.0892499893	0.08925
0.9	0.0900001431	0.09	0.0720000023	0.072
0.95	0.0475001551	0.0475	0.0427500195	0.04275
1	0.0000001731	0	0.0000000422	0

Берілген есептің дәл шешімі мен жуық шешімі үшін келесі бағалау орынды:

$$\max_{j=0,40} \|x^*(t_j) - \tilde{x}(t_j)\| < \varepsilon, \quad \varepsilon = 0.2 \cdot 10^{-6}.$$

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. Нахушев А. М. Уравнения мат. Биологии. -М.: Высшая школа, 1995. - 205 с.
2. Нахушев А.М. Нагруженные уравнения и их применение. - М.: Наука, 2012. -232 с.
3. Нахушев А.М. Об одном приближенном методе решения краевых задач для дифференциальных уравнений и его приложения к динамике почвенной влаги грунтовых вод // Дифференц. Уравнения, 1982. - Т. 18. -№1. - С. 72-81.
4. Дженалиев М.Т., Рамазанов М.И. Нагруженные уравнения как возмущения дифференциальных уравнений. - Алматы: Ғылым, 2010. -334 с.
5. Абдуллаев В.М., Айда-заде К.Р. О численном решении нагруженных уравнений //Ж. вычисл. матем. и матем. физ. - 2004. - Т. 44, №9.–С. 1585-1595.
6. Aida-zade K.R., Abdullaev V.M. On Numerical Solution to Loaded Systems of Ordinary Differential Equations with Non-Separated Multipoint and Integral Conditions // Numerical Analysis and Applications. - 2014. - Vol. 17, № 1. - P. 1-16.
7. 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.
8. Джумабаев Д.С., Иманчиев А.Е. Корректная разрешимость линейной многоточечной краевой задачи // Математический журнал. - 2005. - Т.5, №1. - С. 30-38.
9. Иманчиев А.Е. Необходимые и достаточные условия однозначной разрешимости линейной многоточечной краевой задачи // Известия МОН РК, НАН РК. Серия физико-математическая. - 2002.-№ 3. - С.79-84.
10. 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.
11. Бакирова Э.А., Жумакунова А.Ж., Маметжанова Н.Х. Жүктелген дифференциалдық теңдеу үшін үш нүктелі шеттік есептің бірімәнді шешілімділігі туралы // Вестник КазНПУ им. Абая. Серия Физико-математические науки. –Алматы, 2016. №1(53). –С.13-18.
12. Кадирбаева Ж.М. Об одном алгоритме нахождения решения линейной двухточечной краевой задачи для нагруженных дифференциальных уравнений // Математический журнал. - Алматы, 2009. - Т.9, №2(32). -С. 25-34.
13. Кадирбаева Ж.М., Момынжанова К.Р. Жүктелген дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін сызықты екі нүктелі шеттік есептің бірімәнді шешілімділігі // Вестник КазНПУ им. Абая. Серия Физико-математические науки. –Алматы, 2015. №4(52). –С.19-26.

ЭОЖ 510.67

МРНТИ 27.03.02

А.Р. Ешкеев¹, Н.К. Шаматаева²

¹ф.-м.ғ.д., Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды Мемлекеттік Университетінің профессоры,
Қарағанды қ., Қазақстан

²Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды Мемлекеттік Университетінің PhD докторанты,
Қарағанды қ., Қазақстан

ДӨНЕС ЙОНСОНДЫҚ ТЕОРИЯЛАРДЫҢ БАЙЫТУ БОЙЫНША КІШГІРІМ МОДЕЛЬДЕРДІҢ ҚАСИЕТТЕРІ

Аңдатпа

Йонсондық теориялар жалпы айтқанда толық емес. Бұл мақалада аксиомалық түрде йонсондық теориясының аясында кейбір нәтижелер келтірілген. Бұл нәтижелер йонсондық теориялардың зерттеу аясында жалпыламалары болып табылады. Сигнатураның кейбір байытуда централдық типтің ұғымы қарастырылған, сонымен қатар осы типтің теориямен байланыстары көрсетілген. Синтаксистік ұқсастық бойынша семантикалық ұқсастық арқылы инвариантты кейбір қасиеттерін йонсондық теорияларының кластар аясында зерттеледі. Сонымен мақалада дөңес экзистенциалды жай йонсондық теориялар үшін атомды және жай саналымды модельдерінің универсалды аксиоматизацияланатын фрагментінің қасиеттері, сонымен қатар бастапқы теориялармен байланысы қарастырылады. Модельдің ядролық бар болуының фрагменті мен өзінің центрімен байланысы туралы және де жайлылық пен атомдық модельді түрлерін сипаттайтын теория кластарының аясында нәтиже алынды. Экзистенциалды жай дөңес йонсондық теорияның фрагменттерінің қасиеттері қарастырылады.

Түйін сөздер: йонсондық теория, дөңес теория, экзистенциалды жай теория, алгебралық жай модель, атомды модель.

Аннотация

А.Р. Ешкеев¹, Н.К. Шаматаева²

¹д.ф.-м.н., профессор Карагандинского государственного университета им. Е.А. Букетова,
г. Караганда, Казахстан

²PhD докторант Карагандинского государственного университета им. Е.А. Букетова, г. Караганда, Казахстан

СВОЙСТВА МАЛЫХ МОДЕЛЕЙ ВЫПУКЛЫМ ЙОНСОНОВСКИМ ТЕОРИЯМ ОТНОСИТЕЛЬНО ОБОГАЩЕНИЯ

Йонссоновская теория, вообще говоря, не полна. В этой статье представлены некоторые результаты аксиомы йонссоновской теории. Эта теория является обобщением йонссоновской теории. Понятие центрального типа рассматривается из некоторых обогачение сигнатуры, а также показывается связь этого типа с теорией. Рассматривается инвариантность некоторых свойств на семантические подобия по синтаксическому подобию в рамках класса йонссоновской теории. Также в статье рассматриваются свойства атомных и простых счетных моделей универсально аксиоматизируемых фрагментов экзистенциально простых выпуклых йонссоновских теорий, а также их связь с изначальной рассматриваемой теорией. Получены результаты о существовании ядерных моделей таких фрагментов и связь их со своим центром. Также в рамках рассматриваемых классов теорий получены результаты описывающие разные виды простоты и атомности моделей. Рассматриваются свойства фрагментов экзистенциально простых выпуклых йонссоновских теорий.

Ключевые слова: йонссоновская теория, выпуклая теория, экзистенциально простая теория, алгебраическая простая модель, атомная модель.

Abstract

PROPERTIES OF SMALLE MODELS OF CONVEX JONSSON THEORIES RELATIVELY BUY ENRICHMENT

Yeshkeev A.R.¹, Shamatayeva N.K.²

¹ Dr.Sci. (Phys.-Math), Professor, E.A. Buketov Karaganda State University,
Karaganda, Kazakhstan

² PhD student, E.A. Buketov Karaganda State University,
Karaganda, Kazakhstan

The Jonsson theory is not complete in general. This paper presents the results of some axioms of the Jonsson theory. These theories are a generalization of the Jonsson theory. The concept of the central type is considered from some enrichment of the signature, and also a connection of this type with the theory is shown. By syntactic similarity to semantic similarity, certain properties are considered within the framework of the classes of the Jonsson theory. This article discusses the properties of atomic and prime countable models of universally axiomatizable fragments of existential prime convex Jonsson theories, and their relation to the initial consideration to Jonsson theory. The results of the existence of core models of such fragments, and their connection with its center. Also as a part of the classes of theories describing the results obtained by different kinds of primeness and atomness of the models. The properties of fragments of existential prime convex Jonsson theories.

Keywords: The Jonsson theory, convex theory, existential prime theory, algebraically prime model, an atomic model.

Біз модельдер теориясында қабылданған стандартты белгілеулерді қолданатын боламыз. Йонсондық теорияның теоретико-модельді қасиетінде теорияның дөңестігін зерттеу және теорияның дербес жағдайын (робинсондық) зерттеу бізге қызықты сұрақ туғызады, яғни бұрын бұл сұрақ тек толық теориялар үшін ғана қарастырылған [1]. Индуктивті теориялар класы йонсондық теориялар класынан қарағанда кең, бірақ йонсондық теория жалпы айтқанда толық емес, сонымен қатар оның өзінің зерттеу әдісі бар. Ең негізгі әдісі ол-семантикалық әдіс, яғни йонсондық теория центрінің бірінші ретті қасиетін сол теорияның өзіне қайта бейнелеу маңызды болып табылады. Бірақ, теорияның кемелділігінен біз мұндай теория және оның модельдер класының толық сипаттамасын аламыз. Бұның барлығы [2] кітапта көрсетілген.

Йонсондық теориялар класы кең және алгебрада алгебралық мысалдар да жетерлік, және де оның аксоималары йонсондық шарттарды қанағаттандырады. Егер біз оған дөңестік шартын қоссақ, онда кластың мағынасы тарылады, бірақ бізде келесідей классикалық мысалдарды мысал ретінде айта аламыз, олар: группалар теориясы, абельдік группалар теориясы, бекітілген сипаттамамен өрістері және де басқада классикалық алгебралық объектілер йонсондық пен дөңестікті қатар қанағаттандырады.

Йонсондық теориямен байланысты келесідей анықтамаларды берейік.

Теория Т үйлесімді енгізу қасиетіне ие, егер Т теориясындағы кез келген U, V модельдері болса, және сол Т теориясында M моделі табылады және изоморфты түрде кейбір $f : U \rightarrow M, g : V \rightarrow M$ моделіне енгізілсе.

Теория Тамальгамма қасиетіне ие, егер T теориясындағы кез келген модельдер үшін U, B_1, B_2 және $f_1 : U \rightarrow B_1, f_2 : U \rightarrow B_2$ изоморфты енгізілсе, онда $M \models T$ бар болып табылады, яғни изоморфты енгізілуі $g_1 : B \rightarrow D, g_2 : C \rightarrow D$ мынаған $g_1 f_1 = g_2 f_2$ тең.

Теория индуктивті, егер ол тізбесінің бірігуіне қатысты тұрақты болса. Келесі теорема бізге белгілі:

Теорема 1. (Чэн-Лось-Сушко). T теориясының тізбесінің бірігуіне қатысты тұрақты сонда және тек сонда, егер ол $\forall \exists$ - аксиоматизацияланса, яғни $\forall \exists$ - сөйлемдер жиынына эквивалентті.

Анықтама 1. Теория T йонсондық деп аталады, егер :

- 1) Теория T -да ең құрығанда бір шексіз моделі болса;
- 2) Теория T индуктивті болса;
- 3) Теория T үйлесімді енгізу қасиетіне ие болса (JEP).
- 4) Теория T амальгама қасиетіне ие болса (AP).

Йонсон [3,4] жұмысында келесі түрмен кейбір сигнатураның алгебралық жүйелердің йонсондық класын анықтады.

Анықтама 2. σ сигнатурасындағы K алгебралық жүйелердің класы йонсондық деп аталады, егер ол кейбір $\varphi \geq \omega$ кардиналында келесі йонсондық шарттарын қанағаттандырса:

(1) K неғұрлым үлкен қуаттар жүйесінен тұрады (яғни кез келген λ кардинал үшін $M \in K$ табылса, мұндағы $|M| \geq \lambda$);

(2) K абстракттілі (яғни, егер $M_1 \in K, M_2 \cong M_1$ болса, онда $M_2 \in K$);

(3) егер $A, B \in K$ болса, онда $C \in K$ табылады, ал $A, B - C$ -ға изоморфты енгізіледі.

(4) егер $A, B \in K, \varphi : A \rightarrow A'$ -изоморфизмі болады. Яғни $A, A' \subseteq B$, онда $C \in K$ табылады, $g : B \rightarrow C$ изоморфизмі, осыдан $B \subseteq C, \varphi \subseteq g$;

(5) Кез келген K -ның өсетін алгебралық жүйелер тізбесінің бірігуі тағы K -ға тиесілі;

(6 _{μ}) Егер $A \in K$ болса, X A -ның ішкі жиыны $A, |x| < \mu$, онда $B \in K$ табылады, осыдан $x \subseteq B$ және $|\beta| < \mu$.

(4) пен бірге келесі шарты қараймыз.

(4') егер $\varphi : A \rightarrow A_1, g : A_0 \rightarrow A_2$ - изоморфты енгізу болса, $A_0, A_1, A_2 \in K$ онда $B \in K$ табылады, изоморфты енгізу $\varphi_1 : A_1 \rightarrow B_1, g_1 : A_1 \rightarrow B$, осыдан $\varphi_1 \varphi = g_1 g$ шығады.

Келесі теориялар йонсондық теориялардың мысалдары болады:

- 1) группалар;
- 2) абельдік группалар;
- 3) буль алгебралары;
- 4) сызықтық реттер;
- 5) p -мен бекітілген сипаттамамен өрістері (p - жайсаннемесе нөл);
- 6) реттелген өрістер.

Анықтама 3. T йонсондық теориясы кемел деп аталады, егер әрбір T семантикасының моделі T^* -моделінде қаныққан болса.

Анықтама 4. T йонсондық теориясы робинсондық деп аталады, егер ол универсалды-аксиоматизацияланса.

Кез келген теорияның дөңестік ұғымы мен осы теорияның моделінің ядролығына байланысты [1] жұмысындағы негізгі анықтамаларды атап кетейік.

Анықтама 5. T теориясы дөңес деп аталады, егер кез келген T теориясының \mathcal{M} моделі үшін оның кез келген ішкі структуралар жиынтықтары $\{B_i / i \in I\}$ бар, мұндағы T теориясының модельдері бар болатын және $\bigcap_{i \in I} B_i$ қиылысуы да T теориясының моделі болады. Онымен қоса, қиылысулар құр жиын болмайды. Егер осы қиылысу әрқашан құр жиын болмаса, онда теория қатты дөңес деп аталады.

Анықтама 6. Егер теория қатты дөңес болса, оның барлық модельдерінің қиылысуы ондағы кейбір модельдерінде болады.

Осы модель осы теорияның ядролық моделі деп аталады.

Анықтама 6. Берілген теорияның сигнатура моделі (әрі қарай структурасы) ядролық деп аталады, егер берілген теорияның әрбір моделіне жалғыз ішкі структурасы изоморфты болса.

Йонсондық теория индуктивті болғандықтан, біз алдымен йонсондық теорияны, экзистенциалды-жай мен одан кейін барып оның ішінен дөңестікті қарастырамыз. Осындай теориялар көп екендігін көрсететін мысалдар жетерлік, соның ішінде группалар теориясын айтуға болады. Бұл мысал сонымен қатар кемел емес йонсондық теорияның мысалы болатынын сипаттайды. Ал, абельдік группалар теориясы бізге дөңес йонсондық теорияның мысалы болады.

Барлық кез келген теорияның $\forall\exists$ -салдарлары осы теорияда йонсондық фрагментін құрайды деп айтамыз, егер осы $\forall\exists$ -салдарының дедуктивті тұйықтамасында йонсондық теория болса.

Осыдан алынған йонсондық теория сәйкесінше йонсондық жиынның йонсондық фрагменті (әрі қарай фрагмент) деп аталады. Екі жағдайда да біз алғашқы теорияның йонсондық фрагментімен зерттеулер жүргізе аламыз, демек ол бізге йонсондық теорияның жаңа есептік қойылымы болып табылады.

Келесі анықтамаларды қарастырайық:

Анықтаманы қарастырайық.

Айталық L тілінің экзистенциалды сөйлемдер жиыны үшін T йонсондық теориясы толық және оның C семантикалық моделі болсын.

Біз X жиыны үшін Σ – анықталған деп айтамыз, егер ол кейбір экзистенциалды формула арқылы анықталатын болса.

Айтарлықтай $dcl(X)$ дегеніміз ол X -тің анықталған тұйықтамасы, $acl(X)$ дегеніміз ол X -тің алгебралық тұйықтамасы.

а) X жиыны T теориясында йонсондық деп атаймыз, егер ол келесідей қасиеттерді қанағаттандырса:

- 1) X – C -нің Σ - анықталған ішкі жиыны болып табылса;
- 2) $dcl(X)$ - C -нің кейбір экзистенциалды тұйық ішкі моделінің негізгі жиыны болып табылса.

б) X жиыны T теориясында алгебралық йонсондық деп атаймыз, егер ол келесідей қасиеттерді қанағаттандырса:

- 1) X – C -нің Σ - анықталған ішкі жиыны болып табылса;
- 2) $acl(X)$ – C -ның кейбір экзистенциалды тұйық ішкі модельдің негізгі жиыны болып табылса.

Айталық T йонсондық теориясында қарастырылатын X - T йонсондық теориясының жиыны және M - C семантикалық моделінің экзистенциалды тұйық ішкі моделі болсын, мұндағы $dcl(X) = M$. Онда $Th_{\forall}(M) = T_M, T_M$ - X йонсондық жиынының робинсондық фрагменті болады (робинсондық теория - ол йонсондық теория, бірақ универсал аксиоматизацияланбаған).

C семантикалық модельдің ішкі жиыны болып табылатын йонсондық жиындарды қарастырайық.

Сигнатураны байыту мен йонсондық теориямен байланысты негізгі анықтамаларды берейік.

Айтарлық T -сигнатурасының тіліндегі кез-келген йонсондық теория болсын. C - T теориясының семантикалық моделі болсын. $A \subseteq C$ - T теориясының йонсондық жиыны бар. Айтарлық $\sigma_{\Gamma}(A) = \sigma \cup \{c_a \mid a \in A\} \cup \Gamma$, $\Gamma = \{P\} \cup \{c\}$ болсын.

Айтарлық $T_A^C = T \cup Th_{\forall\exists}(C, a)_{a \in A} \cup \{P(c_a) \mid a \in A\} \cup \{P(c)\} \cup \{P \subseteq\}$, мұндағы P предикаты үшін $\{P \subseteq\}$ жазып аламыз, бұл өз кезегінде P белгісінің түсіндірілуі - $\sigma_{\Gamma}(A)$ сигнатурасындағы экзистенциалды тұйық ішкі модель екенін білдіретін сөйлемдердің шексіз жиынын көрсетеді және бұл модель A жиынының анықталған тұйықтамасы болады.

Қарастырылған сөйлемдер жиыны йонсондық теория болып табылады және бұл теория толық емес екендігі түсінікті.

Айтарлық T^* - T_A^C йонсондық теорияның центрі болып табылады және $T^* = Th(C')$, мұндағы C' - T_A^C теориясының семантикалық моделі. T_A^C шектеулігін $\sigma_{\Gamma}(A) \setminus \{c\}$ сигнатурасына дейін, T_A^C теориясы толық тип болады. Бұл типті біз T теориясының йонсондық жиынының централды типі деп атаймыз және P_A^C деп белгілейміз.

Централды тип тілінде жоғарыда айтылған анықтамалардан біз келесі нәтижелерді аламыз.

Теорема 2. Айтарлық T экзистенциалды жай қатты дөңес йонсондық теория және ол \exists -толық кемел R -теория болсын. Онда келесі шарттар эквивалентті.

- 1) T^* теориясының ядролық структурасы бар;
- 2) T_A^C теориясының ядролық моделі бар;
- 3) Кез келген жағдайда $\varphi(x)$ -экзистенциалды формуласы болса және T -да орындалса, онда $\psi(x)$ кез

келген экзистенциалды формуласы және n -бүтін сан табылады. Яғни, $T - \exists^n x \phi \wedge \exists x(\phi \wedge \psi)$ шығады және егер $T_M \models (\delta_1 \vee \delta_2)$, мұндағы δ_1, δ_2 -кейбір экзистенциалды сөйлемдер, онда $T_M \models \delta_1$ немесе $T_M \models \delta_2$ орынды.

Теорема 3. Айтарлық T экзистенциалды жай қатты дөңес йонсондық теория және ол \exists -толық кемел R -теория болсын.

Онда $\mathfrak{M} T_A^C$ -ның ядролық структурасы болады сонда тек сонда, егер жоғары көрсетілген байытудың $\mathfrak{M} T^*$ -ның ядролық модельдің центрі болса.

Сонымен қатар біз E_T класында Δ – nice семантикалық ұғымы мен атомдықтық синтаксистік шартына қатысты келесі нәтижені алдық.

Теорема 4. Айтарлық T экзистенциалды жай қатты дөңес, кемел R -теория және $\forall\exists$ -сөйлемі үшін толық болсын. $\mathfrak{A}E_T$ -нің кейбір саналымды моделі болсын. Онда келесі шарттар эквивалентті:

- 1) $\mathfrak{A}(\Delta, \Delta)$ -атомды
- 2) $\mathfrak{A} \in E_T^*$ және Δ – nice .

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. Kueker D.W. Основные структуры для теорий. *Фундаментал Математика LXXXIX (1975)*. - Б.154 – 171 журналдың мақаласы
2. Ешкеев А.Р. *Йонсоновские теории. (учебное пособие)*. Караганда: Изд-во КарГУ, 2009. – 250б.- кітап
3. Jonsson B. Универсальные реляционные системы. *Math. Scand.* – 1956.– V. 4. –б. 193-208. журналдың мақаласы
4. Jonsson B. Однородные универсальные реляционные системы. *Math. Scand.* – 1960. –V.8. – б. 137-142 журналдың мақаласы
5. Ешкеев А.Р., Касыметова М.Т. «Йонсоновские теории и их классы моделей» монография. - Караганда: Изд-во КарГУ, 2016. - 370 б. - монография
6. Ешкеев А.Р., Ульбрихт О.И. Свойства малых моделей выпуклых Δ -робинсоновских теорий в допустимых обогащениях сигнатуры. *Современная мат.: проблема и приложения: Сборник трудов международной научно-практической конференции, посвященной научно-педагогической деятельности А.Д. Тайманова*. - Алматы, 2013. - б.187-191. конференциядан тезис
7. Ешкеев А.Р., Шаматаева Н.К. Дөңес экзистенциалды жай йонсондық теориялардың компьондарының қасиеттері//Хабаршы-Вестник Абай атындағы ҚазҰПУ. физ. мат. сер. -2016. -№3 (55). -Б. 77-83.

УДК 517.968.72

ГРНТИ 27.29.15, 27.29.17, 27.29.19, 27.33.19

Н.Б. Искакова¹, А. Рысбек²

¹к.-ф.м.н., старший преподаватель Институт Математики, физики и информатики при КазНПУ имени Абая, г. Алматы, Казахстан

²магистрант по специальности «Математика», КазНПУ им. Абая, г. Алматы, Казахстан

ОДНОЗНАЧНАЯ РАЗРЕШИМОСТЬ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛ Я ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ С ИМПУЛЬСНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ

Аннотация

Методом параметризации исследуется линейная краевая задача для интегро-дифференциального уравнения Фредгольма с импульсным воздействием. Суть метода параметризации заключается в том, что рассматриваемая краевая задача разбиением заданного интервала точкой импульсного воздействия и введением дополнительных параметров сводится к эквивалентной линейной краевой задаче с параметрами. Параметры вводятся как значения искомого решения краевой задачи для интегро-дифференциального уравнения Фредгольма с импульсным воздействием в начальных точках подынтервалов. Введение дополнительных параметров позволяет получить начальные условия для неизвестных функций на подынтервалах. С помощью фундаментальной матрицы устанавливаются условия существования решения специальной задачи Коши для интегро-дифференциального уравнения Фредгольма с импульсным воздействием. Строится система линейных алгебраических уравнений относительно введенных дополнительных параметров. Получены условия однозначной разрешимости линейной краевой задачи для интегро-дифференциального уравнения Фредгольма с импульсным воздействием.

Ключевые слова: краевая задача, интегро-дифференциальное уравнение, однозначная разрешимость.

Аңдатпа

Н.Б. Искакова¹, А. Рысбек²

ИМПУЛЬС ЭСЕРІБАР ИНТЕГРАЛДЫҚ-ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕНДЕУ ҮШІН ШЕТТІК ЕСЕПТІҢ БІРМӘНДІ ШЕШІМІДІЛІГІ

¹ф.-м.ғ.к., Абай атындағы ҚазҰПУ, Математика, физика және информатика институтының аға оқытушысы, Алматы қ., Қазақстан

²Абай атындағы ҚазҰПУ, «Математика» мамандығының магистранты, Алматы қ., Қазақстан

Параметрлеу әдісі арқылы импульс әсері бар Фредгольм интегралдық-дифференциалдық тендеуі үшін сызықты шеттік есеп зерттелінді. Параметрлеу әдісінің мәні, берілген аралықты импульс әсері бар нүктемен бөлу және қосымша параметрлер енгізу арқылы қарастырылып отырған шеттік есеп пара-параметрлері бар сызықты шеттік есепке келтірілді. Қосымша параметрлер импульс әсері бар Фредгольм интегралдық-дифференциалдық тендеуі үшін шеттік есептің белгісіз шешімінің ішкі аралықтарының бастапқы нүктелеріндегі мәні ретінде енгізілді. Қосымша параметрлер енгізу ішкі аралықтарда белгісіз функциялар үшін бастапқы шарттарды алуға мүмкіндік берді. Фундаментальдық матрица арқылы импульс әсері бар Фредгольм интегралдық-дифференциалдық тендеуіне арнайы Коши есебінің шешімінің бар болуы шарттары қойылды. Енгізілген қосымша параметрлерге қарасты сызықты алгебралық тендеулер жүйесі құрылды. Импульс әсері бар Фредгольм интегралдық-дифференциалдық тендеуі үшін сызықты шеттік есептің бірімәнді шешілімділігінің шарттары табылды.

Түйін сөздер: шеттік есеп, интегралдық-дифференциалдық тендеу, бірімәнді шешімділік.

Abstract

A UNIQUE SOLVABILITY OF THE BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR INTEGRO-DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH IMPULSE EFFECT

Iskakova N.B.¹, Ryspek A.²

¹Cand. Sci. (Phys.-Math), Senior Lecturer of the Institute of Mathematics, Physics and Informatics at Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

²Student of Master Programme in Mathematics of the Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

The parameterization method is investigated the linear boundary value problem for Fredholm integro-differential equation with impulse effect. The essence of the parameterization method is that the problem of the partition of the interval specified point of impulse effect and introduction of additional parameters is reduced to the equivalent linear boundary value problem with parameter. The parameters are entered as value of the required solution of a boundary value problem for Fredholm integro-differential equation with impulse effect in the initial points of sub-intervals. The introduction of additional parameters allows to get the initial conditions for the unknown functions in the sub-intervals. By means of a fundamental matrix conditions for the existence of a solution of the Cauchy special problem for the Fredholm integro-differential equation with impulse effect are established. The system of the linear algebraic equations concerning the entered additional parameters is under construction. The conditions for the unique solvability of a linear boundary value problem for the Fredholm integro-differential equation with impulse effect are obtained.

Keywords: boundary value problem, integro-differential equation, unique solvability.

Дифференциальные и интегро-дифференциальные уравнения с импульсными воздействиями часто возникают в приложениях как математическая модель различных процессов естествознания. Основы качественной теории уравнений с импульсными воздействиями заложены в монографиях [1-3].

Краевые задачи для интегро-дифференциальных уравнений изучались многими авторами. Приближенные методы решения интегро-дифференциальных уравнений рассмотрены в [4-6].

В настоящей статье рассматривается линейная двухточечная краевая задача для интегро-дифференциального уравнения Фредгольма с вырожденным ядром, подверженного импульсному воздействию

$$\frac{dx}{dt} = A(t)x + \int_0^T \varphi(t)\psi(s)x(s)ds + f(t), \quad x \in R^2, \quad t \in (0, T) \setminus \{\theta_1\}, \quad (1)$$

$$Bx(0) + Cx(T) = d, \quad d \in R^2, \quad (2)$$

$$B_1 \lim_{t \rightarrow \theta_1 - 0} x(t) + C_1 \lim_{t \rightarrow \theta_1 + 0} x(t) = d_1, \quad d_1 \in R^2, \quad (3)$$

где матрицы 2-го порядка $A(t)$, $\varphi(t)$, $\psi(s)$ непрерывны на $[0, T]$, вектор-функция $f(t)$ кусочно-непрерывна на $[0, T]$, с возможным разрывом в точке $t = \theta_1$.

Через $PC([0, T], R^2, \theta_1)$ обозначим пространство кусочно-непрерывных функций $x: [0, T] \rightarrow R^2$, непрерывных на $[0, \theta_1) \cup (\theta_1, T]$, с нормой $\|x\|_1 = \sup_{0 \leq t \leq T} \|x(t)\|$.

Решением задачи (1)-(3) является кусочно-непрерывно дифференцируемая на $(0, T)$ функция $x(t) \in PC([0, T], R^2, \theta_1)$, удовлетворяющая на $(0, T) \setminus \{\theta_1\}$ интегро-дифференциальному уравнению (1) и условиям (2), (3).

Для исследования рассматриваемой задачи (1)-(3) применим метод параметризации [7]. Точкой $t = \theta_1$ произведем разбиение $[0, T] = [0, \theta_1] \cup [\theta_1, T]$, и от задачи (1)-(3) перейдем к эквивалентной краевой задаче

$$\frac{dx_r}{dt} = A(t)x_r + \sum_{j=1}^2 \int_{\theta_{j-1}}^{\theta_j} \phi(t)\psi(s)x_j(s)ds + f(t), \quad t \in [\theta_{r-1}, \theta_r), \quad r=1, 2,$$

$$Bx_1(\theta_0) + C \lim_{t \rightarrow \theta_2-0} x_2(t) = d, \quad d \in R^2,$$

$$B_1 \lim_{t \rightarrow \theta_1-0} x_1(t) + C_1 \lim_{t \rightarrow \theta_1+0} x_2(t) = d_1, \quad d_1 \in R^2,$$

где $\theta_0 = 0$, $\theta_2 = T$, а $x_r(t)$ – это сужение функции $x(t)$ на r -ый интервал $[\theta_{r-1}, \theta_r)$.

Через $C([0, T], \theta, R^4)$ обозначим пространство систем функций $x[t] = (x_1(t), x_2(t))$, где функции $x_r(t)$, $r=1, 2$, непрерывны на $[\theta_{r-1}, \theta_r)$ и имеют конечные левосторонние пределы $\lim_{t \rightarrow \theta_r-0} x_r(t)$

при $r=1, 2$, с нормой $\|x[\cdot]\|_2 = \max_{r=1, 2} \sup_{t \in [\theta_{r-1}, \theta_r)} \|x_r(t)\|$.

Введя дополнительные параметры $\lambda_r = x_r(\theta_{r-1})$, $r=1, 2$, и на каждом r -ом интервале $[\theta_{r-1}, \theta_r)$ произведя замену функции $u_r(t) = x_r(t) - \lambda_r$, получим краевую задачу с параметрами

$$\frac{du_r}{dt} = A(t)(u_r + \lambda_r) + \sum_{j=1}^2 \int_{\theta_{j-1}}^{\theta_j} \phi(t)\psi(s)(u_j(s) + \lambda_j)ds + f(t), \quad t \in [\theta_{r-1}, \theta_r), \quad r=1, 2, \quad (4)$$

$$u_r(\theta_{r-1}) = 0, \quad r=1, 2, \quad (5)$$

$$B\lambda_1 + C\left(\lambda_2 + \lim_{t \rightarrow \theta_2-0} u_2(t)\right) = d, \quad d \in R^2, \quad (6)$$

$$B_1\left(\lambda_1 + \lim_{t \rightarrow \theta_1-0} u_1(t)\right) + C_1\lambda_2 = d_1, \quad d_1 \in R^2. \quad (7)$$

Задачи (1)-(3) и (4)-(7) эквивалентны. Если $\tilde{x}(t)$ - решение краевой задачи (1)-(3), то пара $(\tilde{\lambda}, \tilde{u}[t])$, где $\tilde{\lambda} = (\tilde{\lambda}_1, \tilde{\lambda}_2) \in R^4$, $\tilde{u}[t] = (\tilde{u}_1(t), \tilde{u}_2(t)) \in C([0, T], \theta, R^4)$, является решением задачи (4)-(7). И, наоборот, если $(\lambda^*, u^*[t])$ – решение задачи (4)-(7), то функция $x^*(t)$, определяемая равенствами $x^*(t) = \lambda_r^* + u_r^*(t)$, $r=1, 2$, $x^*(T) = \lambda_2^* + \lim_{t \rightarrow T-0} u_2^*(t)$, будет решением задачи (1)-(3).

Использование фундаментальной матрицы $X(t)$, обыкновенного дифференциального уравнения $\frac{dx}{dt} = A(t)x$, $t \in [0, T]$, позволяет получить решение специальной задачи Коши (4), (5) при фиксированных значениях параметров $\lambda \in R^4$

$$\begin{aligned} u_r(t) = & X(t) \int_{\theta_{r-1}}^t X^{-1}(\tau_1) A(\tau_1) d\tau_1 \cdot \lambda_r + \\ & + X(t) \int_{\theta_{r-1}}^t X^{-1}(\tau_1) \phi(\tau_1) \sum_{j=1}^2 \int_{\theta_{j-1}}^{\theta_j} \psi(s) (u_j(s) + \lambda_j) ds d\tau_1 + \\ & + X(t) \int_{\theta_{r-1}}^t X^{-1}(\tau_1) f(\tau_1) d\tau_1, \quad r=1, 2. \end{aligned} \quad (8)$$

Введем обозначение

$$\mu = \int_{\theta_0}^{\theta_1} \psi(s)u_1(s)ds + \int_{\theta_1}^{\theta_2} \psi(s)u_2(s)ds,$$

Тогда (8) переписывается в виде

$$u_r(t) = X(t) \int_{\theta_{r-1}}^t X^{-1}(\tau_1)\varphi(\tau_1)d\tau_1 \cdot \mu + F_r(t, \lambda), \quad t \in [\theta_{r-1}, \theta_r), \quad r = 1, 2, \quad (9)$$

$$\text{где } F_r(t, \lambda) = X(t) \int_{\theta_{r-1}}^t X^{-1}(\tau_1) \left[A(\tau_1)\lambda_r + \varphi(\tau_1) \left\{ \int_{\theta_0}^{\theta_1} \psi(s)ds\lambda_1 + \int_{\theta_1}^{\theta_2} \psi(s)ds\lambda_2 \right\} + f(\tau_1) \right] d\tau_1, \quad r = 1, 2.$$

В (9) предположим $t = \tau$. Умножая обе части на $\psi(\tau)$, интегрируя по τ на отрезке $[\theta_{r-1}, \theta_r)$ и суммируя по r , получаем

$$\mu = G \cdot \mu + \int_{\theta_0}^{\theta_1} \psi(\tau)F_1(\tau, \lambda)d\tau + \int_{\theta_1}^{\theta_2} \psi(\tau)F_2(\tau, \lambda)d\tau.$$

$$\text{где } G = \int_{\theta_0}^{\theta_1} \psi(\tau)X(\tau) \int_{\theta_0}^{\tau} X^{-1}(\tau_1)\varphi(\tau_1)d\tau_1 d\tau + \int_{\theta_1}^{\theta_2} \psi(\tau)X(\tau) \int_{\theta_1}^{\tau} X^{-1}(\tau_1)\varphi(\tau_1)d\tau_1 d\tau - \text{ матрица 2-го порядка.}$$

Если матрица $I - G$ обратима, то неизвестный вектор $\mu \in R^2$ определяется из уравнения

$$\mu = (I - G)^{-1} \cdot \left\{ \int_{\theta_0}^{\theta_1} \psi(\tau)F_1(\tau, \lambda)d\tau + \int_{\theta_1}^{\theta_2} \psi(\tau)F_2(\tau, \lambda)d\tau \right\}, \quad (10)$$

где I - единичная матрица 2-го порядка.

Справедлива следующая теорема.

Теорема 1. Специальная задача Коши (4), (5) для интегро-дифференциального уравнения Фредгольма разрешима тогда и только тогда, когда матрица $I - G$ обратима.

Разрешимость краевой задачи. Подставляя в (8) вместо $\sum_{j=1}^2 \int_{\theta_{j-1}}^{\theta_j} \psi(s)u_j(s)ds$ правую часть (10),

получаем представление функции $u_r(t)$ через $\lambda \in R^4$ и $f(t) \in C([0, T], R^2)$:

$$\begin{aligned} u_r(t) = & X(t) \int_{\theta_{r-1}}^t X^{-1}(\tau_1)\varphi(\tau_1)d\tau_1 [I - G]^{-1} \left\{ \int_{\theta_0}^{\theta_1} \psi(\tau)X(\tau) \int_{\theta_0}^{\tau} X^{-1}(\tau_1) \left[A(\tau_1)\lambda_1 + \varphi(\tau_1) \sum_{j=1}^2 \int_{\theta_{j-1}}^{\theta_j} \psi(s)ds \cdot \lambda_j + \right. \right. \\ & \left. \left. + f(\tau_1) \right] d\tau_1 d\tau + \int_{\theta_1}^{\theta_2} \psi(\tau)X(\tau) \int_{\theta_1}^{\tau} X^{-1}(\tau_1) \left[A(\tau_1)\lambda_2 + \varphi(\tau_1) \sum_{j=1}^2 \int_{\theta_{j-1}}^{\theta_j} \psi(s)ds \cdot \lambda_j + f(\tau_1) \right] d\tau_1 d\tau \right\} + \\ & + X(t) \int_{\theta_{r-1}}^t X^{-1}(\tau_1) \left(A(\tau_1)\lambda_r + \varphi(\tau_1) \sum_{j=1}^2 \int_{\theta_{j-1}}^{\theta_j} \psi(s)ds \cdot \lambda_j + f(\tau_1) \right) d\tau_1, \quad t \in [\theta_{r-1}, \theta_r), \quad r = 1, 2. \quad (11) \end{aligned}$$

Из (11) определим $\lim_{t \rightarrow \theta_r - 0} u_r(t)$, $r = 1, 2$. Подставляя их в (6), (7), получаем линейную систему уравнений относительно введенных параметров λ_r , $r = 1, 2$:

$$Q^*(\theta) \cdot \lambda = -F^*(\theta), \quad (12)$$

где $Q^*(\theta)$ - матрица 2-го порядка с элементами:

$$Q_{11} = B + C \left[X(\theta_2) \int_{\theta_1}^{\theta_2} X^{-1}(\tau_1)\varphi(\tau_1) \int_{\theta_0}^{\tau_1} \psi(s)ds d\tau_1 + X(\theta_2) \int_{\theta_1}^{\theta_2} X^{-1}(\tau_1)\varphi(\tau_1)d\tau_1 [I - G]^{-1} \left\{ \int_{\theta_0}^{\theta_1} \psi(\tau)X(\tau) \int_{\theta_0}^{\tau} X^{-1}(\tau_1) \times \right. \right.$$

$$\times \left(A(\tau_1) + \varphi(\tau_1) \int_{\theta_0}^{\theta_1} \psi(s) ds \right) d\tau_1 d\tau + \int_{\theta_1}^{\theta_2} \psi(\tau) X(\tau) \int_{\theta_1}^{\tau} X^{-1}(\tau_1) \varphi(\tau_1) \int_{\theta_0}^{\theta_1} \psi(s) ds d\tau_1 d\tau \Bigg\},$$

$$Q_{12} = C \left[I + X(\theta_2) \int_{\theta_1}^{\theta_2} X^{-1}(\tau_1) \varphi(\tau_1) \left(A(\tau_1) + \varphi(\tau_1) \int_{\theta_1}^{\theta_2} \psi(s) ds \right) d\tau_1 + X(\theta_2) \int_{\theta_1}^{\theta_2} X^{-1}(\tau_1) \varphi(\tau_1) d\tau_1 [I - G]^{-1} \times \right.$$

$$\left. \times \left\{ \int_{\theta_1}^{\theta_2} \psi(\tau) X(\tau) \int_{\theta_1}^{\tau} X^{-1}(\tau_1) \left(A(\tau_1) + \varphi(\tau_1) \int_{\theta_1}^{\theta_2} \psi(s) ds \right) d\tau_1 d\tau + \int_{\theta_0}^{\theta_1} \psi(\tau) X(\tau) \int_{\theta_0}^{\tau} X^{-1}(\tau_1) \varphi(\tau_1) \int_{\theta_1}^{\theta_2} \psi(s) ds d\tau_1 d\tau \right\} \right],$$

$$Q_{21} = B_1 \left[I + X(\theta_1) \int_{\theta_0}^{\theta_1} X^{-1}(\tau_1) \varphi(\tau_1) \left(A(\tau_1) + \varphi(\tau_1) \int_{\theta_0}^{\theta_1} \psi(s) ds \right) d\tau_1 + X(\theta_1) \int_{\theta_0}^{\theta_1} X^{-1}(\tau_1) \varphi(\tau_1) d\tau_1 [I - G]^{-1} \times \right.$$

$$\left. \times \left\{ \int_{\theta_0}^{\theta_1} \psi(\tau) X(\tau) \int_{\theta_0}^{\tau} X^{-1}(\tau_1) \left(A(\tau_1) + \varphi(\tau_1) \int_{\theta_0}^{\theta_1} \psi(s) ds \right) d\tau_1 d\tau + \int_{\theta_1}^{\theta_2} \psi(\tau) X(\tau) \int_{\theta_1}^{\tau} X^{-1}(\tau_1) \varphi(\tau_1) \int_{\theta_0}^{\theta_1} \psi(s) ds d\tau_1 d\tau \right\} \right],$$

$$Q_{22} = C_1 + B_1 \left[X(\theta_1) \int_{\theta_0}^{\theta_1} X^{-1}(\tau_1) \varphi(\tau_1) \int_{\theta_1}^{\theta_2} \psi(s) ds d\tau_1 + X(\theta_1) \int_{\theta_0}^{\theta_1} X^{-1}(\tau_1) \varphi(\tau_1) d\tau_1 [I - G]^{-1} \left\{ \int_{\theta_0}^{\theta_1} \psi(\tau) X(\tau) \int_{\theta_0}^{\tau} X^{-1}(\tau_1) \times \right.$$

$$\left. \times \int_{\theta_1}^{\theta_2} \psi(s) ds d\tau_1 d\tau + \int_{\theta_1}^{\theta_2} \psi(\tau) X(\tau) \int_{\theta_1}^{\tau} X^{-1}(\tau_1) \left(A(\tau_1) + \varphi(\tau_1) \int_{\theta_1}^{\theta_2} \psi(s) ds \right) d\tau_1 d\tau \right\} \right],$$

$$\text{и } F^*(\theta) = \begin{cases} -d + C \cdot X(\theta_2) \int_{\theta_1}^{\theta_2} X^{-1}(\tau) \left(I + \varphi(\tau) [I - G]^{-1} \sum_{j=1}^2 \int_{\theta_{j-1}}^{\theta_j} \psi(\tau) X(\tau) \int_{\theta_{j-1}}^{\tau} X^{-1}(\tau_1) d\tau_1 \right) f(\tau) d\tau, \\ -d_1 + B_1 \cdot X(\theta_1) \int_{\theta_0}^{\theta_1} X^{-1}(\tau) \left(I + \varphi(\tau) [I - G]^{-1} \sum_{j=1}^2 \int_{\theta_{j-1}}^{\theta_j} \psi(\tau) X(\tau) \int_{\theta_{j-1}}^{\tau} X^{-1}(\tau_1) d\tau_1 \right) f(\tau) d\tau. \end{cases}$$

Определение. Задача (1)-(3) называется однозначно разрешимой, если для любой пары $(f(t), d)$, где $f(t) \in PC([0, T], R^2, \theta_1)$, $d \in R^n$, она имеет единственное решение.

Теорема 2. При обратимости матрицы $I - G$ краевая задача (1)-(3) однозначно разрешима тогда и только тогда, когда обратима матрица $Q^*(\theta)$.

Список использованной литературы:

1. Самойленко А.М., Перестюк Н.А. Дифференциальные уравнения с импульсным воздействием. - Киев: Вищашкола, 1987. - 288 с.
2. Lakshmikantham V., Bainov D.D., Simenov P.S. Theory of Impulsive Differential equations. - World Scientific. Singapore, 1989. - 288 pp.
3. Zavalishchin S.T., Seseikin A.N. Dynamic impulse systems, in: Theory and Applications, Kluwer Academic Publishers Group. - Dordrecht, 1997.
4. Быков Я.В. О некоторых задачах теории интегро-дифференциальных уравнений. - Фрунзе: Киргиз. гос. ун-т, 1957.
5. Lakshmikantham V., Rao M.R.M. Theory of integro-differential equations. Gordon & Breach, - London, 1995.
6. Бакирова Э.А., Исакова Н.Б. Алгоритмы нахождения решения линейной краевой задачи для интегро-дифференциального уравнения Фредгольма с интегральным условием на основе сплайн-аппроксимации // Математический журнал. - Алматы, 2016. - Т.16. № 1(59). - С.17-34
7. 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

ӘОЖ517.927
МРНТИ 27.29.19

Д. Кабаева¹, М.Е. Есқалиев²

¹Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университеті, «Информатика» мамандығының
магистранты, Алматы қ., Қазақстан

²тех.ғ.д., Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университетінің профессоры,
Алматы қ., Қазақстан

ШЕКАРАЛЫҚ ТІКЕЛЕЙ ШЕШУ ӘДІСІН ПАЙДАЛАНЫП ЖАЗЫҚ ЕСЕПТЕРІН ЕСЕПТЕУ АЛГОРИТМІ

Аңдатпа

Мақалада шекаралық элементтер әдісі немесе шекаралық интегралдық теңдеулер әдісі ұсынылған. Берілген дифференциалдық теңдеулер үшін шетті есептерді осы облыстың шекарасындағы интегралдық теңдеулерімен анықталады. Барлық айнымалылар өлшемсіздікке келтірілген. Қозғалысты сипаттайтын дифференциалдық теңдеулерде өлшемсіздікке келтіріліп, компьютерлік бағдарламаға лайықталған. Мақалада ығысу және кернеу қарастырылып отырған облыстың ішкі нүктелерінде есептелінеді. Кернелген және деформацияланған әр түрлі екі тесігі бар бір және екі ості аралықта берілген шексіз пластинка есебі сандық шешілген. Статикалық кернеу дөңгелек және трапеция тәріздес тесіктерінің центрлерінің ара қашықтығына байланысты контур нүктесінде реттелген заңын сақтап анализ жасаған. Олар бірдей берілген сыртқы күштің әсерімен бағытталған, яғни контурдың шекаралық шартымен. Шекаралық элементтер әдісінен алынған сандық шешім дәл; бұл дәлдік негізінен шекаралық элементтер формасы мен санына байланысты. Шекаралық элементтер әдісі өте қолайлы және қарапайым, оны әр түрлі инженерлік конструкцияларда, жер асты тоннельдерінде және басқа да жерлерде кернеулер үшін статикалық есептерді бағалауда қолданады.

Түйін сөздер: статикалық, инженерлік, кернеу, шекара, Кельвин, изотропты.

Аннотация

Д. Кабаева¹, М.Е. Есқалиев²

¹магистрант по специальности «Информатика» Казахского государственного женского
педагогического университета, г. Алматы, Казахстан

²д.тех.н., профессор Казахского государственного женского педагогического университета,
г. Алматы, Казахстан

В данной статье предложены методы пограничных элементов или пограничных интегральных уравнений. Для данных дифференциальных уравнений краевые задачи определяются интегральными уравнениями данной области. Все переменные приведены к безразмерности. Дифференциальные уравнения, описывающие движение также приведены к безразмерности, а также предназначены для компьютерных программ. В статье сдвиг и напряжение вычисляются во внутренних точках области. В диапазоне от одного до двух осей численно решена задача бесконечной пластинки, заданная с различными напряженными и деформированными отверстиями. Сделан анализ статического напряжения, в зависимости от расстояния центров круглой и трапециевидной формы отверстий в точке контура, сохраняя закон упорядоченности. Они направлены под действием внешней силы, то есть условиями на границе контура. Численное решение, полученное по методу пограничных элементов точное; данная точность в основном зависит от формы и числа пограничных элементов. Метод пограничных элементов очень удобен и прост в использовании, его используют в различных инженерных сооружениях, в подземных тоннелях, а также в других местах для статических отчетов для напряжений.

Abstract

ALGORITHM BORDER METHOD OF CALCULATION USING A FLAT ADDRESSING

Kabayeva D.¹, Eskaliyev M.Y.²

¹ Student of Master Programme in Computer Science at Kazakh State Women's Teacher Training University,
Almaty, Kazakhstan

² Dr. Sci. (Engineering), Professor of the Kazakh State Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan

In this paper, we propose methods of boundary elements or boundary integral equations. For these differential equations, the boundary value problems are determined by the integral equations of the given region. All variables are reduced to dimensionlessness. The differential equations describing the motion are also reduced to dimensionlessness, and are also intended for computer programs. In the article, the shift and stress are calculated at the interior points of the region. In the range of one to two axes, the problem of an infinite plate is numerically solved, given with different strained and deformed holes. An analysis is made of static stress, depending on the distance of the centers of the circular and trapezoidal forms of the holes at the point of the contour, preserving the law of order. They are directed under the action of an external force, that is,

conditions on the boundary of the contour. The numerical solution obtained by the boundary element method is exact; This accuracy mainly depends on the shape and number of boundary elements. The method of boundary elements is very convenient and easy to use, it is used in various engineering structures, underground tunnels, and also in other places for static reports for stresses.

Keywords: equation, load, fundamental matrix, numerical solution.

Шекаралық элементтер әдісі немесе шекаралық интегралдық теңдеулер әдісі – жазық ортаның механикалық есебінің сандық шешімінің жаңа перспективалық әдісі болып табылады. Шектелген элементтер әдісіне байланысты, шекаралық элементтер әдісі тез таралды және компьютерлік есептің басты шешімі болып табылады, яғни оның екі шешімі бойынша есептің геометриялық өлшем бірлігінің қысқаруы және шексіз облыстың жеңіл тексерілуі.

Сонымен қатар шекаралық элементтер әдісі денелерінің қиылысу шекарасындағы қарым-қатынастарының күделі шартын енгізеді.

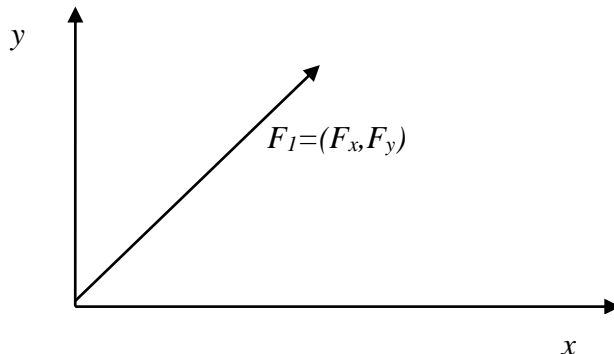
Бұл әдістің мағынасы дифференциалдық теңдеулер үшін шетті есептерді осы облыстың шекарасындағы интегралдық теңдеулерге келтіру болып табылады.

Бұл әдістің негізі – қарастырылған облыстың ішіндегі функцияның мәндерінің арасындағы тәуелділік және олардың шекарасындағы мәндері, сонымен қатар, дифференциалдық теңдеулерді жеке туындылап шешуде фундаментальдық қасиеттерді қолданумен сипатталады.

«Тікелей анықтау әдісін» ең алғаш кім ұсынғаны белгісіз, бірақ осы әдістің негізін салушылар ретінде С.Г. Михлина [1], Н.И. Мусхелешвили [2], В.Д. Купарадзе [3] және т.б. зерттеушілерді айтуға болады.

Бұл параграфта сингулярлық шешімдер қарастырылады. Сол арқылы жаңа әдіс құралды – серпімділік теориясындағы аралас шетті есептер шекаралық элементтер әдісі бойынша есептеледі. Шексіз серпімді ортада жиналған күш сызығының есебін қарастырғанда сингулярлық шешім шығады, бұл Кельвин есебі ретінде де белгілі.

Кельвин есебінің шешімін әсер функциясы деп атауға болады және одан аналитикалық шешімдерді басқа есептер үшін дешығарып алуға болады. Ең пайдалы шешім шексіз ортадағы шектелген жолаққа $F_1 = (F_x, F_y)$ күші әсер ететін жағдай жатады, яғни дене жазық деформацияланған күйде болады.



Сурет1

Бұл есептің шешімін функцияның (1) анықталған формуласы түрінде жазуға болады.

$$g(x, y) = (-1/4\pi(1 - \nu)) * \ln(x^2 + y^2)^{1/2}. (1)$$

Ал, кернеуді мына түрде жазамыз:

$$\begin{aligned} U_x &= \frac{F_x}{2G} - [(3 - 4\nu)g - xg_{,xx}] + \frac{F_y}{2G} - (-yg_{,xx}), \\ U_y &= \frac{F_y}{2G} - (-xg_{,yy}) + \frac{F_x}{2G} - [(3 - 4\nu)g - yg_{,yy}]. \end{aligned} \quad (2)$$

Кельвин есебі үшін кернеу:

$$\sigma_{xx} = F_x [2(1 - \nu)g_{,xx} - xg_{,xxx}] + F_y (2\nu g_{,yy} - yg_{,xxx}),$$

$$\begin{aligned}\sigma_{yy} &= F_x(2vg_{,xx} - xg_{,yy}) + F_y[2(1-v)g_{,yy} - yg_{,yy}], \\ \sigma_{xy} &= F_x[(1-2v)g_{,xy}] + F_y[(1-2v)g_{,xx} - yg_{,xy}],\end{aligned}\tag{3}$$

Берілген өрнектердегі функцияның туындысын (1)-ден табылады:

$$\begin{aligned}g_{,xx} &= -\frac{1}{4\pi(1-v)} * \frac{x}{x^2 + y^2}, \\ g_{,xy} &= \frac{1}{4\pi(1-v)} * \frac{2xy}{(x^2 + y^2)^2}, \\ g_{,xx} = -g_{,yy} &= \frac{1}{4\pi(1-v)} * \frac{x^2 - y^2}{(x^2 + y^2)^2}.\end{aligned}\tag{4}$$

(3)-тегі кернеу көлемдік күш әсерінсіз тепе-теңдік тендеуін қанағаттандырады.

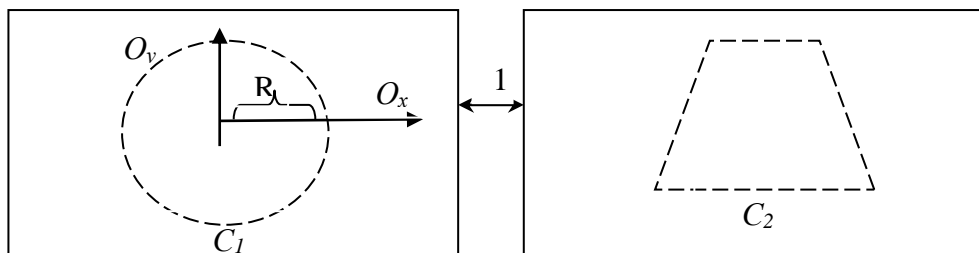
(2)-ден мынау шығады, U_x, U_y координаталарының басынан бастап үлкен ара қашықтықта алынған шексіз мүше, оның құрамына логарифмдік функция кіреді. Біз ығысу мен кернеуді шексіз ортада әсер ететін күштер жүйесі арқылы есептей аламыз. (2)-ні қолданғанда біз ығысудың жуық шамамен алынатынын есте сақтауымыз керек.

Біз мына жағдайды, күштің $F_1 = (F_x, F_y)$ координаталардың басында жазбаларды қысқарту үшін қойылғанын байқаймыз. Егер күшті $x = C_x, y = C_y$ нүктесіне қойсақ, онда (1) – (4)-те x, y координаталарын $x - C_x, y - C_y$ координаталарына ауыстырып, тез шешім алуға болады.

Изотропты бірдей жазықтықтар есебі қуысы бар инженерлі конструкциялық кернеу құрылымы мәселесімен тығыз байланысты. Мұндай есептер бірнеше қуыстар үшін өте күрделі орындалады, яғни негізгі фактор ретінде, кернеу мен деформацияланған ортаны анықтауға, өзара әсерлесетін саңылауларға сыртқы күштер әсер ете бастайды. Пластиканың бірінші және екінші серпімді теориясының негізгі жазықтық есебін, оны әр түрлі қуыстарға бөліп, аналитикалық жолмен Н.И. Мухелешвили [2], Г.Н.Савин [4], Д.И. Шерман [5] және т.б. ғалымдар зерттеді.

Бұл мақалада тікелей шекті элементтер әдісін пластикада бірінші, екінші және серпімді теориясының жазықтықтағы аралас есебін, әр түрлі формада екі ойығы бар жазық деформациясын шешуге пайдаланылады.

Алған пластинкамыздың бір жағын дөңгелек және екінші жағын трапеция тәріздес ойық етіп жасалсын, C_1 контуры арқылы дөңгелектің радиусын R деп аламыз, ал C_2 - трапеция болсын. Енді C_1 және C_2 контурының ең жақын нүктелерінің ара қашықтығын 1 деп белгілейміз. Декарттық координаталар жүйесін дөңгелектің центріне орналастырамыз, O_y осі вертикаль бағытта жоғары, ал O_x осі горизонталь бағытта орналасады (2- сурет).



Сурет2

Мына қысым арқылы пластинка шексіз созылады:

$$\sigma_x^{(\infty)} = P, \sigma_y^{(\infty)} = \lambda P, \sigma_{xy}^{(\infty)} = Q\tag{5}$$

C_1 және C_2 контурлары сыртқы күштерден бос болса, онда бұл контурларда мына шарт орындалады:

$$u_n = u_s = 0 \quad (6)$$

C_1 контуры (немесе C_2) деформацияланбаса:

$$u_n = u_s = 0 \quad (7)$$

ал C_2 контуры (немесе C_1) сыртқы күштерден бос:

$$\sigma_n = \sigma_s = 0 \quad (8)$$

Пластинка үшін (1), (3) серпімді теориясының жазық есебінің берік шартының есебі болады.

C_1 және C_2 контурлары деформацияланбағандықтан, (7) шекаралық шартты тесіктің екі жағының контуры үшін пайдаланамыз.

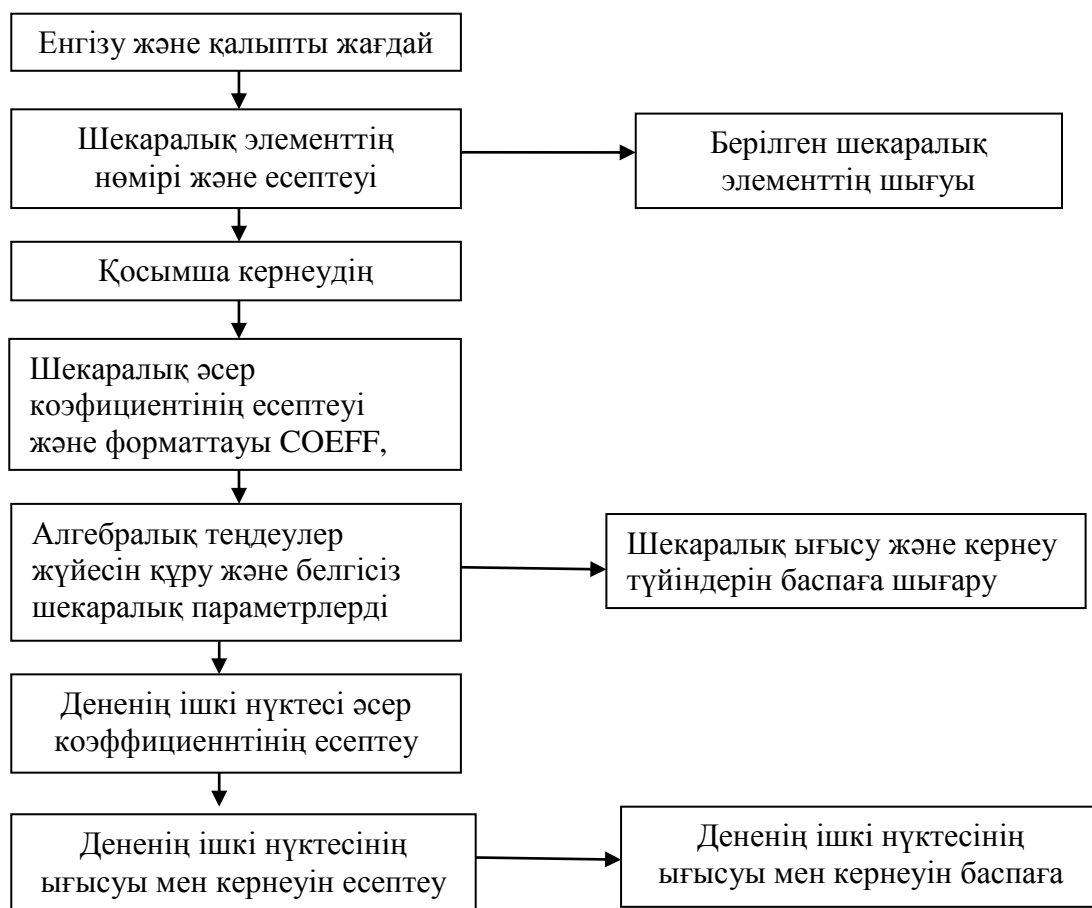
Пластиканың серпімді мінездемесінің материалы мынандай:

$$E = 10 \cdot 10^4 \text{ МПа} - \text{серпімділік модулі}$$

$$\nu = 0.2 - (3) \text{ Пуассон коэффициенті}$$

шекті элементтер әдісімен байланысты және геометриялық симметриялы емес C_1 және C_2 контурлары, олар 48 шекаралық сызықты элементтерге бөлінген, (әрбір контур 24 элементтен) 48 элементпен аппроксимацияланған контурдың схемасы 1-суретте көрсетілген.

Шекаралық элементтерді тікелей әдіспен шешудің алгоритмі. Екі жағы саңылау серпімді пластинкадағы ығысу мен кернеуді анықтау үшін созылған шексіз деформацияланған сызықтық блок схемасы 3-суретте көрсетілген.



Сурет 3

Ұсынылып отырған мақалада ығысу және кернеу қарастырылып отырған облыстың ішкі нүктелерінде есептелінеді. Кернелген және деформацияланған әр түрлі екі тесігі бар бір және екі осьті аралықта берілген шексіз пластинка есебі сандық шешілген. Статикалық кернеу дөңгелек және трапеция тәріздес

ойықтардың центрлерінің ара қашықтығына байланысты контур нүктесінде реттелген заңын сақтап анализ жасаған. Олар бірдей берілген сыртқы күштің әсерімен бағытталған, яғни контурдың шекаралық шартымен алынған. Шекаралық элементтер әдісінен алынған сандық шешім дәл; бұл дәлдік негізінен шекаралық элементтер формасы мен санына байланысты. Шекаралық элементтер әдісі өте қолайлы және қарапайым, оны әр түрлі инженерлік конструкцияларда, жер асты тоннельдерінде және басқа да жерлерде кернеулер үшін статикалық есептерді бағалауда қолданады.

Пайдаланған әдебиеттер тізімі:

- 1 Михлин С.Г., Морозов Н.Ф., Паукито М.В., *Граничные интегральные уравнения и задачи теории упругости: Учеб.пособие.*- Л.: ЛГУ, 1986. - 87 с.
- 2 Мухелишвили Н.И., *Сингулярные интегральные уравнения. Монография, 3-е изд.* - М., Наука, 1968. -513 с.
- 3 Купрадзе В.Д. *Методы потенциала в теории упругости*- М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1963. - 472 с.
- 4 Савин Г.Н. *Влияние крепления на распределение напряжений возле узкихподземных выработок. // Записки Института горной механики АН УССР. -№ 5, 1947.*
- 5 Шерман Д.И. *Плоская задача теории упругости для анизотропной среды. /Труды Сейсмологического института АН СССР, 1938, № 86.*
- 6 Ескалиев М.Е. *К расчету зон предельных состояний и перемещений в анизотропном массиве с полостью, В кн.: Труды Всероссийской. Конференции «Геодинамика и напряженное состояние недр Земли». - Новосибирск, 2010, стр. 269-274*

UDC 517.927
CSCSTI 27.29.19

Kaldybekova B.K.¹, Penkin O.M.²

*¹PhD student of specialty Mathematical and computer modeling of the
Kazakh British Technical University, Almaty, Kazakhstan
² Kazakh British Technical University, Almaty, Kazakhstan*

ON THE LOW FREQUENCIES OF NATURAL OSCILLATIONS OF A SPECIAL GRID OF STRINGS

Abstract

This work is devoted to study of the low frequency part of the spectrum of small oscillations of the grid of strings. In this paper is considered an ordinary differential equation on geometric graph, which having several properties. One of the properties is the effect of a large multiplicity of eigenvalues. It is considered a square grid of strings, the problem of a string of natural frequencies of such grid is reduced to the Sturm-Liouville problem on the grid. The main result of the work is given in the form of theorem with its proof. Under natural mechanical assumption the low frequency part of the spectrum of the grid is close to the low frequency part of spectrum of some membrane stretched over the same square.

Key words: Graph, edge, vertex, string, grid, eigenvalue.

Аңдатпа

Б.К. Калдыбекова¹, О.М. Пенкин²

АРНАЙЫ ШЕКТЕН ЖАСАЛҒАН ТОРДЫҢ МЕНШІКТІ ТЕРБЕЛІСІНІҢ ТӨМЕНГІ ЖИЛІГІ

*¹Қазақстан-Британ техникалық университетінің PhD докторанты,
Алматы қ., Қазақстан*

²Қазақстан-Британ техникалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

Бұл мақала ішектен жасалған арнайы тордың шағын тербеліс спектрінің төменгі жиілікті бөлігін зерттеуге арналған. Жұмыста геометриялық графта бірнеше қасиеттерге ие қарапайым дифференциалдық теңдеулер жүйесі қарастырылады. Сол қасиеттердің бірі меншікті мәндердің еселілігін арттыруға үлкен әсерін тигізді. Сонымен қатар аталмыш жұмыста зерттеу облысы ретінде ішектен жасалған квадрат тор қарастырылады. Мұндай тордың меншікті тербеліс жиілігі туралы есеп тордағы Штурм-Лиувилл есебіне келтіріледі. Негізгі алынған нәтиже дәлелдемесімен теорема түрінде берілген. Табиғи механикалық ұйғарым бойынша арнайы ішектен жасалған тордың меншікті тербелісінің төменгі жиілігі ұқсас ауданға керілген серпімді мембрананың тербеліс спектрінің аналитикалық бөлігіне ұқсас екендігі көрсетіледі.

Түйін сөздер: граф, қабырға, төбе, ішек, тор, меншікті мән.

Аннотация

Б.К. Калдыбекова¹, О.М. Пенкин²

¹PhD докторант по специальности «Математическое и компьютерное моделирование» Казахстано-Британского технического университета, г. Алматы, Казахстан

² Казахстано-Британский технический университет, г. Алматы, Казахстан

НИЗКАЯ ЧАСТОТА СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ СПЕЦИАЛЬНОЙ СЕТКИ ИЗ СТРУН

Данная статья посвящена изучению низкочастотной части спектра малых колебаний сетки из струн. В работе рассматриваются обыкновенные дифференциальные уравнения на геометрическом графе, который обладает несколькими свойствами. Одним из свойств является эффект большой кратности собственных значений. В данной статье рассматривается квадратная сетка из струн с квадратными ячейками. Задача о струне частот собственных колебаний такой сетки сводится к задаче Штурма-Лиувилля на сетки. Основной результат работы приведен в виде теоремы с доказательством. В работе доказано, что в естественных механических предположениях низкочастотная часть спектра задачи о колебаниях сетки, составленной из струн, близка к аналитической части спектра колебаний мембраны на упругих основаниях.

Ключевые слова: граф, ребро, вершина, струна, сетка, собственное число.

Introduction

In this paper we give a complete description of the low frequency part of spectrum of natural oscillations of a mechanical system, shown on the Figure 1.

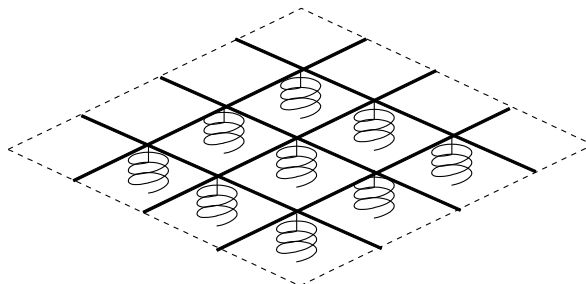


Figure 1. A grid of strings

We assume our system consists of a finite number of strings, attached to each other in the form of a grid having the squared cells. Each “internal” node of the system (a point of the adjacency of four strings) could move in the vertical direction (in other words – orthogonally to the initial configuration; before the vibrations will start). We also assume each of these nodes, when moving, experiences a resistance of the spring, attached to it. All the “boundary” nodes (which are located on the dotted line of the Figure 1.) are assumed to be fixed (cannot move).

The main goal of this paper is to show that the low frequency part of natural oscillations of above grid of strings is close to a similar part of the spectrum of some membrane, naturally related to the grid. A precise description of “natural” interconnections between the grid and the related membrane is given in section 1. In the section 2 we give a sketch of the proof of our statement about low frequency spectrum.

1. Mathematical model of natural oscillations of the grid

We assume the following assumptions are fulfilled:

- A density of mass distribution along each string is constant equals

$$\rho_h = \frac{h}{2} \tag{1}$$

where h is a length of the string; we assume the grid stretched over the unit square (see Figure 1) and the length h equals $1/n$ (n is a number of strings in a horizontal or a vertical chain string between the dotted lines).

- The grid is stretched so, that the tension of each string equals

$$T_h = h. \tag{2}$$

- The elasticity coefficient of each spring equals

$$k_h = h^2. \tag{3}$$

To reformulate in mathematical terms a problem of natural oscillations we interpret a grid as a graph G_h with

vertical and horizontal edges e (former strings) adjacent to each other in vertices $v = (ih; jh)$ ($0 \leq i, j \leq n$) (former nodes). Each edge may be parameterize by $t \in [0; h]$, i.e. we use a natural parameter – the arc length. We assume the horizontal edges are oriented from the left to the right, while the vertical edges oriented from bottom to top. Besides, we assume that the parametrization of each is agreed with the orientation. Under these conventions a problem of natural oscillations of the grid could easily be converted into a following boundary value problems (an analog of Sturm – Liouville’s problem, see [2]):

$$u_e'' + \frac{\lambda}{2} u_e = 0 \tag{4}$$

$$\sum_{e \succ v} u_e' - hu(v) = 0 \quad v \in V_0 \tag{5}$$

$$u_e(v) = u(v), \text{ for } e \succ v, v \in V_0 \tag{6}$$

$$u''(v) = 0, v \in \partial G_h \tag{7}$$

Here u_e stands for a restriction of the function $u : G_e \rightarrow R$ on the edge e . In (4) a differentiation relates to the natural parameter; here an orientation of the edge does not play any role, because the second derivative is independent on the orientation. As for (5) we assume $u_e'(v)$ means the derivative in the internal direction of the edge e (from the vertex v into the interior of the edge e). A notation V_0 stands for the set of internal vertices.

Under the assumptions taken above, our mechanical system is similar (an exact meaning of the word “similar” will be discussed later in this section), on intuitive level, to a membrane, which natural oscillations are modelled by the following boundary value problem:

$$\Delta u - u + \lambda u = 0 \tag{8}$$

$$u|_Q = 0 \tag{9}$$

where $Q = [0; 1] \times [0; 1]$.

In fact, one can easily find, that the total mass of the grid of string approximately equals 1 for h small enough (see our assumption (1)), and the mass of the membrane, described by (8), (9), equals 1 too. One can also see that the assumption (2) about the tensions of strings makes the grid similar to the membrane in the sense of similarity between elasticities of this two mechanical systems. In fact, the region, “covered” by a grid may be tasseled into squares with side lengths h , centered at the vertices of the graph. Each side of each square is intersected by the unique edge of the graph. If we distribute the tension of corresponding string (which equals h by magnitude and orthogonal to the side of square) along the side, we will obtain a set of squares stretched as the cells of membrane (8), (9). Similar arguments show that the last mechanical assumption (3) about the elastic resistance of the springs, applied to the grid at its vertices, is equivalent to the exterior elastic resistance applied to the membrane (the term $-u$ in the equation (8)).

Now we clarify a sense in which the word “similar” was applied to boundary value problems (4)-(7) and (8),(9).

Let us denote by $\Lambda^h = \{\lambda_1^h, \lambda_2^h, \dots, \lambda_n^h, \dots\}$ the set of all eigenvalues of the problem (4)-(7), and by $\Lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n, \dots\}$ the set of eigenvalues of the problem (8),(9).

Theorem 1. The spectrum Λ^h tends to the spectrum Λ as h approaches 0 in the following sense:

For each natural N and a positive ε there exist a positive δ , such that for all $h < \delta$ the inequalities $|\lambda_i^h - \lambda_i| < \varepsilon$ hold for all $i \in \{1, 2, \dots, N\}$.

Remark 1. It is well known that the spectrum Λ is an unbounded sequence of positive real numbers. The same is true about Λ^h (general results on this subject may be found in [1]).

2. Sketch of the proof of Theorem 1

An explicit calculation of the spectrum Λ^n is impossible, but we can convert the system (4)-(7) into a special linear system, which may be investigated. Let u be a nontrivial solution to (4)-(7), corresponding to some eigenvalue λ . Let us denote by u_{ij} the value of the solution at the vertex $v = (ih, jh)$. For our purpose it is convenient to denote the edges, adjacent to v as it is shown on the next Figure 2.

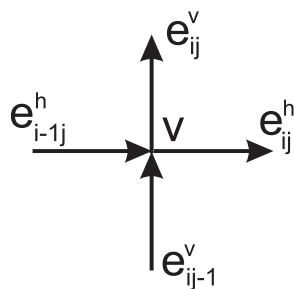


Figure 2. Notation of edges

First, we shall try to express u in terms of u_{ij} . The solutions to (4) may be express as

$$u(x) = \alpha_{ij}^h \cos \sqrt{\frac{\lambda}{2}}x + \beta_{ij}^h \sin \sqrt{\frac{\lambda}{2}}x$$

on horizontal edges, and as

$$u(x) = \alpha_{ij}^v \cos \sqrt{\frac{\lambda}{2}}x + \beta_{ij}^v \sin \sqrt{\frac{\lambda}{2}}x$$

on vertical ones. It should be noted that at the vertex v the value of x must be taken as 0 or h depending on what of the four edges is under considerations. The continuity condition (6) then gives the local (at the internal vertex v , shown on the Figure 2) system of equation, which serves for expressing coefficients α and β through the values of u at five vertices (the vertex v itself and its four neighbors)

$$\begin{cases} u_{ij} = \alpha_{ij}^h, \\ u_{ij} = \alpha_{ij}^h, \\ u_{ij} = \alpha_{ij-1}^h c + \beta_{ij-1}^h s, \\ u_{ij} = \alpha_{i-1j}^v c + \beta_{ij-1}^v s, \end{cases}$$

where $c = \cos \sqrt{\frac{\lambda}{2}}h$, $s = \sin \sqrt{\frac{\lambda}{2}}h$. Solving this system, we obtain

$$\beta_{ij}^h = \frac{u_{i+1,j} - u_{i,j}c}{s}, \quad \beta_{ij}^v = \frac{u_{i,j+1} - u_{i,j}c}{s}$$

so, we have expressed the coefficients α and β through the values of the solution at vertices. Now, on the base of the conditions (5) and (7), we can obtain a system for finding the values $u_{i,j}$ and the corresponding values of the parameter λ (eigenvalue), which involves in c and s . This leads to the following linear (with respect to the numbers $u_{i,j}$) system, which is nonlinear with respect to the parameter λ :

$$\begin{cases} u_{i-1,j} + u_{i+1,j} + u_{i,j-1} + u_{i,j+1} - \left(4c + \sqrt{\frac{2}{\lambda}}hs\right)u_{i,j} = 0, & (0 < i, j < n), \\ u_{i,j} = 0, & \text{if one of } i \text{ or } j \text{ equals } 0, \text{ or } n. \end{cases} \quad (10)$$

In fact, applying finite difference method to (8),(9), with standard five-point stencil and h taken as a step, we get to

$$\begin{cases} u_{i-1,j} + u_{i+1,j} + u_{i,j-1} + u_{i,j+1} - (4 + h^2 - \lambda h^2)u_{i,j} = 0, & (0 < i, j < n), \\ u_{i,j} = 0, & \text{if one of } i \text{ or } j \text{ equals } 0, \text{ or } n. \end{cases} \quad (11)$$

Let us denote by $\hat{\lambda}_i^h$ the eigenvalues of difference system (11). It is well known that the spectrum $\hat{\Lambda}$ converges to Λ in the sense that $\hat{\lambda}_i^h \rightarrow \lambda_i^h$ for each fixed i and $h \rightarrow 0$. Comparing the systems (10) and (11) we

can conclude that each solution $\hat{\lambda}_i$ of (11) generates the set of solutions of (10) which satisfy a following equation

$$4c + \sqrt{\frac{2}{\lambda}}hs = 4 + h^2 - \hat{\lambda}_i^h h^2 \quad (12)$$

It should be noted that h can only take discrete values $h = 1/n$ (because the number n of horizontal or vertical strings, lying on one and the same line, must satisfy the relation $nh = 1$). We are interested in the behavior of the solutions of the previous equation (with respect to the parameter λ) for h small enough. This equation may be represented in the form

$$4 \cos th + \frac{h}{t} \sin th = R \quad (13)$$

after substitutions $t = \sqrt{\frac{\lambda}{2}}$ and $R = 4 + h^2 - \hat{\lambda}_i^h h^2$. The equation (13) has infinitely many solutions t and corresponding roots $\lambda = 2t^2$, but all of them, except the first one (we denote it by λ_i^h), tend to infinity, as h approaches 0, and this unique root λ_i^h approaches to the eigenvalue λ_i of the problem (8),(9). To prove these statements, we need careful investigation of the function $f(t) = 4 \cos th + \frac{h}{t} \sin th - R$. Its derivative may be represented as

$$f'(t) = -4h \sin th - \frac{h}{t^2} \sin th + \frac{h^2}{t} \cos th = \frac{h \cos th}{t^2} (th - \tan th - 4t^2 \tan th),$$

where the last representation is valid for $\cos th \neq 0$. One can easily see (comparing the behaviour of the functions $\frac{ht}{4t^2 + 1}$ and $\tan th$) that the first nonzero critical point t_1 of the function f satisfies the inequality $t_1 > \pi$. We see, that t_1 (and corresponding λ) tends to infinity as h approaches 0. The same assertions is valid for all zeroes of the function $f(t)$ which lie to the right of t_1 . Thus, there is a unique possibility for zero t of the function f to have finite limit as $h \rightarrow 0$ - to lie between 0 and t_1 . One can easily see, that this zero t_0 really exists and $t_0 \in [0; \pi]$. Expanding trigonometric functions in (13) into powers of th we have

$$4 \left(1 - \frac{t^2 h^2}{2} \right) + \frac{h}{t} th = R + o(t^2 h^2) = 4 + h^2 - \hat{\lambda}_i^h h^2 + o(t^2 h^2),$$

which gives

$$-\lambda = -\lambda_i^h = -\hat{\lambda}_i + o(t^2 h^2) / h^2 = -\hat{\lambda}_i + \lambda_i^h o(t^2 h^2) / (2t^2 h^2) \quad (14)$$

(the left equality is the definition of λ_i^h ; see above).

It is well known (see, for example, [3]), that $\hat{\lambda}_i$ converges to eigenvalue λ_i of the problem (8),(9). Thus, we can conclude, on the base of the equality (14), that λ_i^h converges to λ_i , which was to be proved.

3. Conclusion

It was established the relationships between mass distributions and tensions of the grid of strings and mass distribution and stress of membrane, which deliver the closeness of their low frequencies of natural oscillations. In the future, some numerical results of the problem (4)-(7) will be presented in the programming language Matlab, related to the eigenvalues and the corresponding Eigen functions (see [4], [5]).

References:

1. Kaldybekova B.K., *Some analog of the Sturm separation theorem for equation on graph*, Scientific journal of Abai KazNPU, Almaty, 2016, 46 pp., ISSN 1728-7901
2. Pokornyy, Yu.V.; Penkin, O.M., Pryadiev V.L. and others. *Differential equations on geometric graphs (in Russian)*, Fiziko-Matematicheskaya Literatura, Moscow, 2005. 272 pp. ISBN: 5-9221-0425-X

3. Quarteroni A., Valli A. *Numerical Approximation of Partial Differential Equations, Springer Series in Computational Mathematics, Berlin, Volume 23, 1994. 1 pp. (in English)*

4. Zhikov V.V. *Connectedness and homogenization. Examples of fractal conductivity, Sbornik: Mathematics, 1996, 187:8, 1109-1147 (in Russian)*

5. Zhikov V.V., Kozlov S.M., Oleinik O.A. *Homogenization of Differential Operators and Integral Functionals, Springer Verlag, 1994, 349 pp.*

УДК 517.977.1/5; 517/958:52/59

ГРНТИ 28.29.59

М.Н.Калимолдаев¹, А.А.Абдилдаева², М.А.Ахметжанов³

¹д.ф.-м.н., профессор Института информационных и вычислительных технологий,

г. Алматы, Казахстан

^{2,3}PhD доктор Института информационных и вычислительных технологий,

г. Алматы, Казахстан

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Аннотация

В данной статье рассматривается численное решение задач оптимального управления для сложных электроэнергетических систем. Также, рассмотрены вопросы решения задач оптимального управления нелинейной системой обыкновенных дифференциальных уравнений в двух разных случаях. Одно из них объединяет методы оптимального управления, которые заключаются в оптимизации системы путем сведения к минимуму функционала, характеризующего, как правило, качество регулирования. Второе направление содержит методы модального управления, т.е. методы формирования цепей обратных связей, придающее замкнутой автоматизированной системе регулирования (АСР), заранее выбранное распределение корней характеристического уравнения. Исследуемая математическая модель, в частности, описывает процессы управления в электроэнергетических системах. Предложенные методы решения следуют принципу расширения экстремальных задач, основанных на достаточных условиях оптимальности В.Ф. Кротова. Рассмотрен частный случай для задач оптимального управления. Проведенные численные эксперименты показали достаточную эффективность реализуемых алгоритмов. В предложенном численном примере графически показана задача оптимальности управления движением двухмашинной электроэнергетической системы.

Ключевые слова: электроэнергетическая система, оптимальность, управление, математическая модель, паровая турбина, автоматическая система регулирования (АСР).

Аңдатпа

Калимолдаев М.Н.¹, Абдилдаева А.А.², Ахметжанов М.А.³

КҮРДЕЛІ ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ОҢТАЙЛЫ БАСҚАРУ ПРОБЛЕМАСЫҢ АВТОМАТТЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІ

¹ф.-м.ғ.д., Ақпараттық және есептеу технологиялық институтының профессоры,

Алматы қ., Қазақстан

^{2,3}Ақпараттық және есептеу технологиялық институтының PhD докторы,

Алматы қ., Қазақстан

Бұл мақалада күрделі электр-энергетикалық жүйелеріне арналған оңтайлы басқарудың сандық шешу мәселелері қарастырылады. Сондай-ақ, сызқты жүйесіндегі қарапайым дифференциалдық теңдеулерді оңтайлы бақылау проблемаларын шешу мәселелері екі түрлі жағдайлары қарастырылды. Оның біріншісі, реттеу сапасын сипаттайтын функционалды минимумға келтіру арқылы оңтайлы басқару әдістерін біріктіреді. Екінші, модальды бақылау әдістерінен тұрады, яғни кері байланыс тізбегін жабық автоматты басқару жүйесіне жіберуді қалыптастыру әдістерін алдын ала тандалған сипаттамалық теңдеудің түбірлерін қамтиды. Зерттелген математикалық модель электр-энергетикалық жүйелерді басқару процесстерін сипаттайды. Ұсынылған шешу әдістері В.Ф. Кротовтың тиімділіктің жеткілікті шарттарына негізделіп, экстремалды проблемаларды кеңейту принципіне бағытталған. Оңтайлы басқарудың үшін арнайы іс. Жасалған сандық эксперименттер берілген алгоритмдердің жеткілікті тиімділігін көрсетті. Ұсынылған сандық мысалда электр-энергетикалық жүйедегі екі машиналы қозғалыстың оңтайлы басқару жүйесінің мәселесі графикалық түрде көрсетеді.

Түйінді сөздер: электр-энергетикалық жүйесі, оңтайлылық, басқару, математикалық модель, турбина, автоматты басқару жүйесі.

AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF THE PROBLEM OF OPTIMAL CONTROL OF COMPLEX ELECTRIC POWER SYSTEMS

Kalimoldayev M.N.¹, Abildayeva A.A.², Akhmetzhanov M.A.³

¹*Dr. Sci. (Phys.-Math), Professor, Institute of Information and Computing Technologies, Almaty, Kazakhstan*

^{2,3}*PhD, Institute of Information and Computing Technologies, Almaty, Kazakhstan*

This article discusses the numerical solution of optimal control problems for complex power systems. Also, the issues of solving optimal control problems of nonlinear system of ordinary differential equations in two different cases. One combines methods of optimal control, which is to optimize the system by reducing it to a minimum functionality that characterizes, as a rule, the quality of regulation. The second area includes a modal control method, i.e., methods of forming chains of feedback, which gives a closed automated ACP system of regulation, a preselected distribution of the roots of the characteristic equation. The mathematical model, in particular, describes a process control in electric power systems. The proposed methods for solving follow the principle of expansion of extreme problems, based on sufficient optimality conditions V.F. Krotov. A special case for optimal control problems. The numerical experiments have shown sufficient efficacy implemented algorithms. The proposed numerical example illustrates graphically the problem of optimal motion control Two-machine power system.

Keywords: power system, optimal, management, mathematical model, a steam turbine, an automatic control system (ASR).

Введение. Математическая модель современного электроэнергетического комплекса, представляет собой систему нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений, которая описывает турбогенераторы и сложные многосвязные энергетические блоки. Известно [1-3], что эта модель служит основой для решения целого класса актуальных задач управления.

Следует отметить, что математическое моделирование разнообразных процессов и систем, в том числе, электроэнергетических, тесно связано с проблематикой принятия наилучших решений. Задачи оптимизации, а также создание алгоритмов построения управлений по принципу обратной связи для таких систем и поныне привлекают внимание многих исследователей. Теория оптимального управления базируется на принципе максимума Л.С. Понтрягина и методе динамического программирования Р.Беллмана. Известно, что принцип максимума сводит экстремальную задачу к решению специальной системы обыкновенных дифференциальных уравнений, а метод динамического программирования – к решению уравнений в частных производных. Во многих случаях точное решение этих задач довольно сложно. Поэтому были разработаны численные методы решения экстремальных задач [5], основанные на принципе расширения [6-11], отличающихся значительным многообразием подходов и результатов. Они нашли широкое и эффективное применение при решении ряда задач оптимального управления большой размерности и различной сложности [12-20].

Отметим, что решению задач оптимального управления были посвящены также работы [21-24]. Исследование глобальной асимптотической устойчивости было осуществлено в работе [25].

Среди различных научных направлений в теории оптимального управления, основанной на методе пространства состояний, можно выделить два, получивших наибольшее распространение в инженерной практике. Одно из них объединяет методы оптимального управления, которые заключаются в оптимизации системы путем сведения к минимуму функционала, характеризующего, как правило, качество регулирования [24]. Второе направление содержит методы модального управления, т.е. методы формирования цепей обратных связей, придающее замкнутой автоматизированной системе регулирования АСР, заранее выбранное распределение корней характеристического уравнения [26]. Необходимость перенастройки значений настроечных параметров производственных регуляторов (контроллеров) обусловлена рядом факторов, связанных с изменениями характеристик сложных энергетических объектов. Факторы возникают вследствие изменения нагрузки, свойств энергоносителей, работы параллельных каналов регулирования связанных с контроллером через объект, износом оборудования, воздействием неконтролируемых внешних возмущений и т.д. Так, например, изменение нагрузки энергоблока тепловой электростанции вызывает изменение положения регулирующих органов. У регулирующих органов разных типов (шиберов, заслонок, задвижек и т.д.) наклон рабочих характеристик может изменяться в 2-3 раза при разных положениях. Соответственно, в 2-3 раза меняется и коэффициент усиления объекта, что влечет ухудшение качества переходных процессов. Данные ухудшения существенно влияют на технико-экономические показатели работы оборудования, снижая их эффективность. Аналогичным образом происходят изменения контролируемых параметров и в других технологических процессах сложных объектов энергетической отрасли. Для повышения эффективности процессов управления и компенсации внешних возмущений, вызванных изменением нагрузки работы оборудования и другими производ-

ственными факторами, возникает необходимость в использовании оптимальных цифровых систем управления. Таким образом, исследование современных принципов работы оптимальных систем управления сложными объектами является актуальной научно-технической задачей.

В данной работе для задач оптимального управления электроэнергетической системой используется принцип расширения экстремальных задач, основанных на достаточных условиях оптимальности.

Оптимизация АСР с помощью методов теории модального управления

Оптимальный регулятор, реализующий теорию модального управления с наблюдателем широко используется в адаптивном блоке программы для АСУ ТП SCADA «TRACE MODE» [26]. Исходя из этого, актуальным является проведение анализа эффективности методов структурной и сигнальной идентификации в модальной АСР с наблюдателем при нахождении объекта в условиях неопределенности.

При этом необходимо решить следующие задачи:

- произвести расчет оптимальных значений параметров модального ПИД – регулятора для объекта в виде инерционного звена второго порядка;
- определить значения коэффициентов наблюдателя;
- рассчитать значение корректирующего элемента в АСР;
- провести анализ спроектированной АСР на устойчивость при влиянии сигнальных воздействий (изменение задания) и параметрического возмущениях (изменение значений передаточной функции объекта на 10-50 %)

Известно, что объект управления в пространстве состояний описывается векторно-матричными уравнениями вида:

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{X}}(t) &= \mathbf{A}\mathbf{X}(t) + \mathbf{B}\mathbf{U}(t), \\ \mathbf{Y}(t) &= \mathbf{C}\mathbf{X}(t), \end{aligned}$$

где \mathbf{A} , \mathbf{B} , \mathbf{C} – матрицы коэффициентов размерности $(n \times n)$, $(n \times m)$, $(r \times n)$ соответственно; m – число входов; r – число выходов; $\mathbf{U}(t)$ – вектор-функция управляющих воздействий размерности m ; $\mathbf{X}(t)$ – вектор-функция переменных состояния размерности n (n – порядок объекта управления); $\mathbf{Y}(t)$ – вектор-функция выходных сигналов размерности r . Случай $r = m = 1$ соответствует одномерному объекту. Для одномерных систем переход от передаточной функции вида:

$$W(s) = \frac{b_{n-1}s^{n-1} + \dots + b_1s + b_0}{s^n + a_{n-1}s^{n-1} + \dots + a_1s + a_0},$$

к представлению в переменных состояниях может быть осуществлен по формулам:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ -a_0 & -a_1 & -a_2 & \dots & -a_{n-1} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{C} = [b_0; b_1; \dots; b_{n-1}],$$

Для объекта, заданного уравнениями состояния, управление по состоянию описывается выражением $u(t) = -KX(t)$, где K – вектор коэффициентов обратной связи.

Таким образом, система, замкнутая регулятором, приводится к следующему виду:

$$\frac{dX(t)}{dt} = (\mathbf{A} - \mathbf{BK})X(t).$$

Аккерманом [27] была предложена формула для нахождения коэффициентов K .

$$K = [0..0..0..1] \cdot [B..AB..AB^2 \dots A^{n-1}B]^{-1} \times [A^n \dots \beta_{n-1}A^{n-1} \dots \beta_1A \dots \beta_0]$$

где β_i – коэффициенты характеристического полинома матрицы $(\mathbf{A} - \mathbf{BK})$. Задача модального синтеза сводится к выбору желаемых корней характеристического полинома замкнутой системы, при которых обеспечиваются заданные параметры переходного процесса.

Метод модального управления предполагает, что все компоненты вектора состояния X могут быть измерены. Однако на практике некоторые компоненты могут быть неизвестны по ряду причин:

- недостаточное количество измерительных приборов;
- невозможность прямого измерения некоторых компонентов вектора X и т.д.

Однако, если система является наблюдаемой, то все компоненты вектора X могут быть восстановлены по наблюдениям вектора Y . Система, описываемая матрицами A и C , является наблюдаемой, когда существует конечное время T такое, что начальное состояние $X(0)$ может быть определено в результате наблюдения выходной переменной $y(t)$.

Наблюдаемость системы описывается условием:

$$\text{rank}[C; ..CA; ..CA^2; ..CA^{n-1}]^T = n$$

Для системы с одним входом и одним выходом матрица управляемости имеет вид:

$$[C; ..CA; ..CA^2; ..CA^{n-1}]^T$$

Если детерминант этой матрицы отличен от нуля, то система наблюдаема.

Для того чтобы узнать все компоненты вектора состояния объекта, можно использовать его модель:

$$\frac{dX'(t)}{dt} = AX'(t) + BU(t).$$

где $X'(t)$ оценка состояния объекта. Если начальное состояние объекта и модели совпадают и модель адекватна объекту, то можно полагать в любой момент времени, что $X'(t) = X(t)$.

Практически добиться полной адекватности объекта и модели невозможно. Поэтому на практике стремятся к выполнению условия:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} X'(t) = X(t).$$

Подобным свойством обладают асимптотические наблюдающие устройства. Асимптотическое наблюдающее устройство использует обратную связь по ошибке восстановления вектора состояния, так что работа наблюдающего устройства описывается уравнением:

$$\frac{d\hat{X}(t)}{dt} = A\hat{X}(t) + BU(t) + N(Y - C\hat{X}(t)),$$

где N – матрица параметров наблюдающего устройства. Общий вид системы управления с наблюдателем показан на рисунке 1.

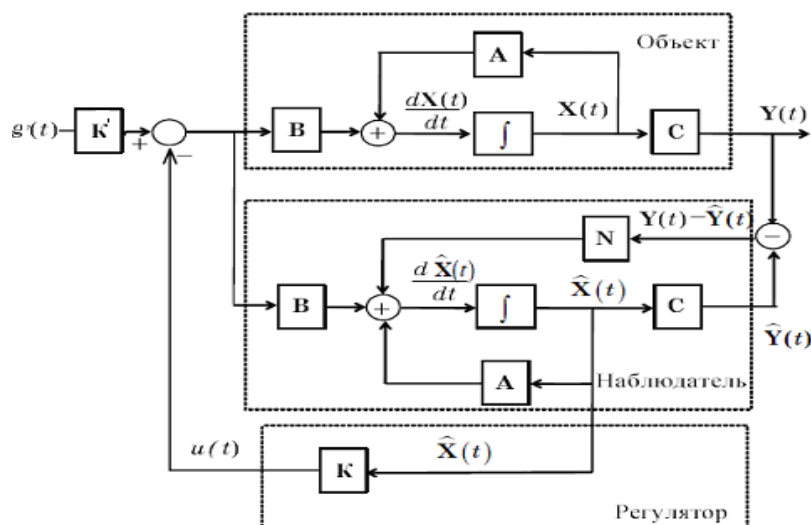


Рисунок 1. Структура оптимальной системы управления с наблюдателем

Параметры наблюдателя (N) и параметры регулятора (K) могут рассчитываться независимо друг от друга. Процессы в наблюдателе должны протекать быстрее, чем переходный процесс в системе. Установлено, что наблюдатель должен обладать быстродействием, в 2-4 раза превышающим быстродействие системы. Следует заметить, что метод модального управления не гарантирует равенство установившейся ошибки нулю. Для обеспечения равенства задающего воздействия и выходного сигнала системы в установившемся режиме вводится масштабирующий коэффициент или корректирующее устройство k_0 . Для анализа области устойчивости модального регулятора с наблюдателем, проводится расчет настроек (K) и параметров наблюдателя (N) с помощью пакета MatLab [28].

В качестве исследуемого объекта принимаем колебательное звено вида: $W(s) = 5/10s^2 + 6s + 1$. Данное звено характеризует наиболее распространенный переходный процесс АСР.

Используя операторы программы MatLab, получим:

$$A = \begin{bmatrix} -0,67 & \dots & -0,42 \\ 1 & \dots & 0 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}, C = [0 \dots 0,83]$$

Желаемые полюса (предполагающие апериодический процесс) заданы вектором $P = [-0,32 \ -0,54]$. В пакете MatLab имеется функция `acker`, с помощью которой можно обеспечить желаемое расположение полюсов одномерной системы (в соответствии с формулой Аккермана): $k = \text{acker}(A, B, P)$, где A и B – матрицы системы; P – вектор, задающий желаемое расположение полюсов системы. Расчеты указывают, что $K_{1,2} = 0,17$.

Таким образом, управление сформировано в виде:

$$U(t) = -KX(t) = -[0,170,17] \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} = -0,17 x_1(t) - 0,17 x_2(t). \quad (1)$$

Для определения значения корректирующего устройства k_0 запишем уравнение состояния в виде:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,67 & \dots & -0,42 \\ 1 & \dots & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + [u + k_0 g], \quad (2)$$

Подставляя в (2) уравнение (1) получим:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \end{bmatrix} = [-0,84x_1 - 0,59x_2 + k_0 g] \quad (3)$$

$$y = CX = [0,83] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = 0,83 x_2$$

В установившемся режиме $\dot{x}_1 = \dot{x}_2 = \dot{x}_1 = 0$ и выполняется условие $y = g = 1$, следовательно, из (3) следует, что $k_0 = 0,59$. На данное значение умножается сигнал задания.

Описанная выше функция `acker` может быть применена и для расчета коэффициентов обратных связей наблюдателя (N) исследуемой системы. Для этого надо транспонировать матрицу A и заменить B на C^T : $N = \text{acker}(A', C', P)$. Программа выводит следующие значения: $N = [0, 42; 4,01]$.

Для апробации полученных значений проводится компьютерный эксперимент в программе MatLab (Simulink) (рис. 2).

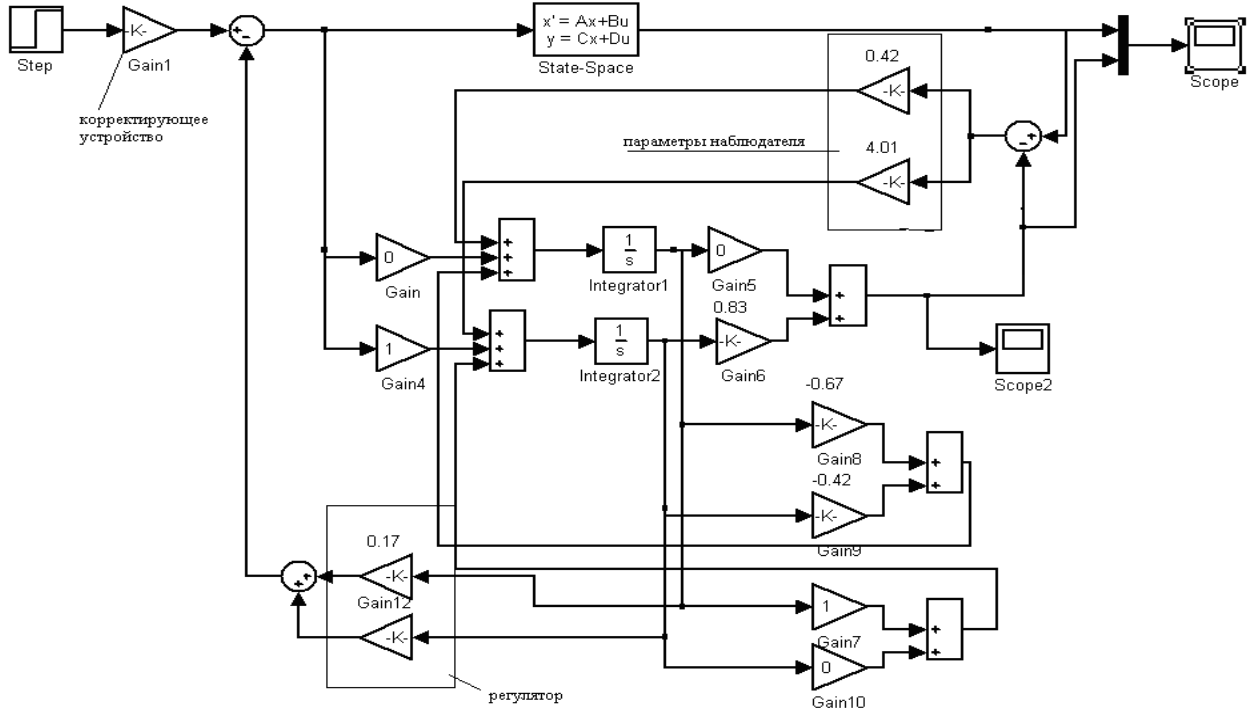


Рисунок 2. Модальный регулятор с наблюдателем и инерционным объектом второго порядка (компьютерная модель)

Переходный процесс на выходе объекта показан на рисунке 3

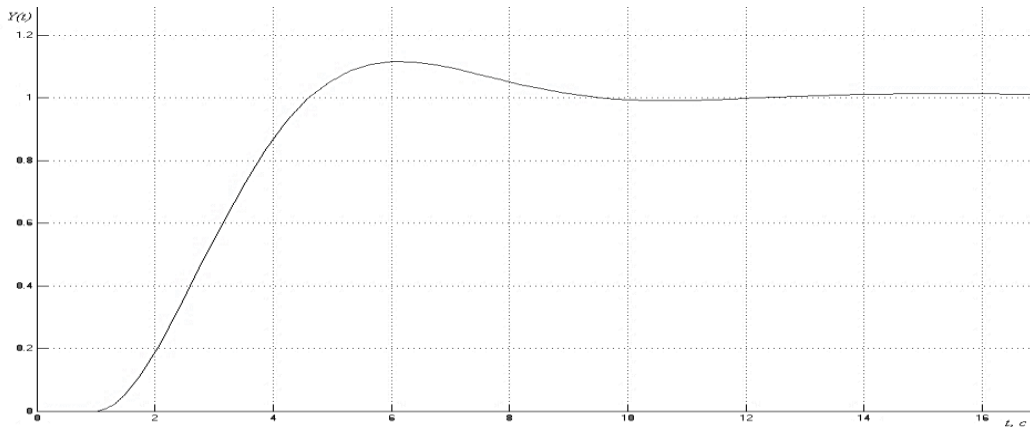


Рисунок 3. Переходный процесс регулирования по каналу задания

Как видно из рисунка 3 процесс является аperiodическим, со временем регулирования $T_p = 9$ с., что полностью соответствует ожидаемым условиям.

Задача оптимального управления. Требуется минимизировать функционал

$$J(u) = 0.5 \sum_{i=1}^l \int_0^T (k_i y_i^2 + r_i u_i^2) dt + \Lambda(x(T), y(T)), \quad (4)$$

при условиях:

$$\begin{aligned} \frac{dx_i}{dt} &= y_i, \quad \frac{dy_i}{dt} = -\lambda_i y_i + f_i(x) + b_i u_i, \\ x_i(0) &= x_{i0}, y_i(0) = y_{i0}, i = \overline{1, l}, t \in (0, T), \quad (5) \\ x(t), y(t) &: (0, T) \rightarrow R^l, \end{aligned}$$

где $\{x_i, y_i\}_{i=1}^l$ – состояние системы $\{u_i\}_{i=1}^l$ – управление; $\{f_i(x)\}_{i=1}^l, \Lambda(x, y)$ – заданные непрерывно дифференцируемые функции, функции $f_i(x)$ удовлетворяют условиям интегрируемости:

$$\frac{\partial f_i(x)}{\partial x_k} = \frac{\partial f_k(x)}{\partial x_i}, \forall i \neq k; \quad (6)$$

момент времени T , начальные состояния $\{x_{i0}, y_i\}$ будем считать заданными; r_i, λ_i, k_i, b_i – положительные постоянные; терминальные значения $x(T), y(T)$ заранее неизвестны.

Отметим, что если соответствующим образом задать функции $f_i(x), i = 1, \dots, l$, то нелинейная задача Коши (4)-(5) моделирует электроэнергетическую систему, для которой проблема синтеза является важной практической задачей оптимального управления.

Численный пример. Оптимальное управление движением двухмашинной электроэнергетической системы. В системе (4) принимаем $i = 1, 2$ и предполагаем, что механическое демпфирование отсутствует, т.е. коэффициенты D_1, D_2 равны нулю. Согласно [3] задача оптимального управления принимает вид:

$$J(u) = J(u_1, u_2) = 0.5 \sum_{i=1}^2 \int_0^T (10S_i^2 + 0.1v_i^2) dt + 0.5(\delta^2(T), S^2(T)), \quad (7)$$

$$\frac{d\delta_i}{dt} = S_i, \frac{dS_i}{dt} = \frac{1}{H_i} [-f_i(\delta_i) - N_i(\delta) + v_i], i = 1, 2 \quad (8)$$

где $f_i(\delta_i) = P_i [\sin(\delta_i + \delta_i^F - \alpha_i) - \sin(\delta_i^F - \alpha_i)], i = 1, 2$,

$N_1(\delta) = \Gamma_1 [\sin(\delta_{12} + \delta_{12}^F) - \sin \delta_{12}^F]$,

$M_1(\delta) = \Gamma_2 [\cos(\delta_{12} + \delta_{12}^F) - \cos \delta_{12}^F]$,

$\delta_{12}^F = \delta_1^F - \delta_2^F, \Gamma_1 = P_{12} \cos \alpha_{12}$,

$\Gamma_2 = P_{12} \sin \alpha_{12}, \delta_{12} = \delta_1 - \delta_2, \delta_{21} = -\delta_{12}$

Числовые данные системы:

$\alpha_1 = -0.052; \alpha_2 = -0.104; H_1 = 2135; H_2 = 1256; P_1 = 0.85;$

$P_2 = 0.69; P_{12} = 0.9; \delta_1^F = 0.827; \delta_2^F = 0.828; \alpha_{12} = -0.078;$

и начальные данные:

$\delta_1(0) = 0.18; \delta_2(0) = 0.1; S_1(0) = 0.001; S_2(0) = 0.002$

Результаты расчетов приведены на рисунках 4 и 5. При этом значение функционала (7) уменьшилось до величины $\approx 0,006865$.

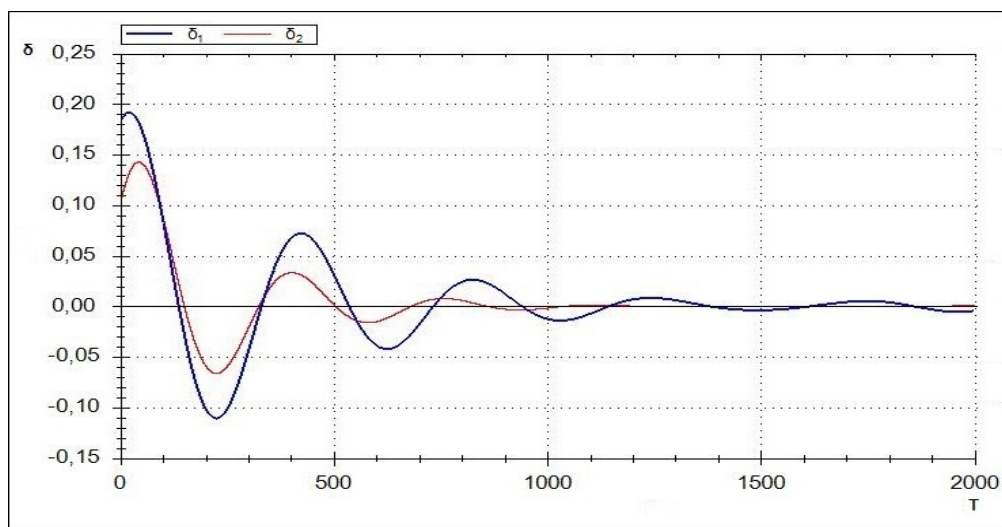


Рисунок 4

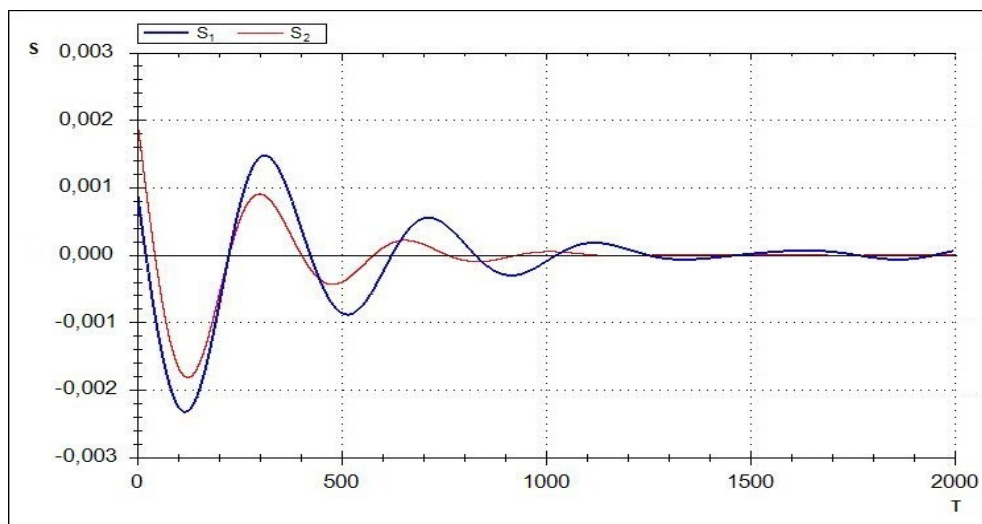


Рисунок 5

Заключение. В работе рассмотрены вопросы решения задач оптимального управления нелинейной системой обыкновенных дифференциальных уравнений в двух разных случаях. Исследуемая модель, в частности, описывает процессы управления в электроэнергетических системах. Предложенные методы решения следуют принципу расширения экстремальных задач, основанных на достаточных условиях оптимальности В.Ф. Кротова. Проведенные численные эксперименты показали достаточную эффективность реализуемых алгоритмов. Также на основе проведенных имитационных экспериментов в пакете MatLab показана эффективность цифровых оптимальных АСР реализующих методы теории модального управления и фильтр Калмана. Эксперименты показали, что показатели качества переходных процессов оптимальных АСР со сложными объектами управления соответствуют заданным значениям и могут быть успешно реализованы в сложных производственных условиях для отраслей энергетики.

Список использованной литературы:

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. Беллман Р. Динамическое программирование. М.: ИЛ, 1960. 400с.
6. Кружков С.Н. Нелинейные уравнения с частными производными. Часть 2. Уравнения первого порядка. М.: МГУ. 1970. 135с.
7. Lions P.-L. Generalized solutions of Hamilton-Jacobi equations. Pitman Advances Publishing Program, Boston-London-Melbourne. 1982. 317p.
8. Subbotin A.I. Generalized Solutions of First Order PDEs: The Dynamical Optimization Perspective/ Birkhaser, Boston. 1995. 324 p.
9. Кротов В.Ф., Гурман В.И. Методы и задачи оптимального управления. М.: Наука, 1973. 448 с.
10. Krotov V.F. Global methods in optimal control theory. M.Dekker, 1996. 399 p.
11. Гурман В.И. Принцип расширения в задачах управления. М.: Физматлит, 1997. 288с.
12. Гурман В.И., Расина И.В. Достаточные условия оптимальности в иерархических моделях неоднородных сред// Автоматика и телемеханика, 2013, № 3. С. 15-30.
13. Хрусталева М.М., Румянцев Д.С. Оптимизация квазилинейных динамических стохастических систем со сложной структурой// Автоматика и телемеханика, 2011, № 10. С.154-169.
14. Кротов В.Ф., Булатов А.В., Батурина О.В. Оптимизация линейных систем с управляемыми коэффициентами// Автоматика и телемеханика, 2011, № 6. С.64-78.
15. Кротов В.Ф., Фельдман В.И. Итерационный метод решения задач оптимального управления// Изв.АН СССР. Техн. киберн., 1983. Т.2. С.160-168.
16. Булатов А.В., Кротов В.Ф. О двойственных задачах оптимального управления// Автоматика и телемеханика, 2008. № 10. С.9-18.
17. Булатов А.В., Кротов В.Ф. О численном решении линейно-квадратичной задачи оптимального управления двойственным методом// Автоматика и телемеханика, 2009. № 7. С.3-14.

18. Гурман В.И., Расина И.В. Достаточные условия оптимальности в иерархических моделях неоднородных систем // Автоматика и телемеханика, 2013. № 12. С.15-30.
19. Гурман В.И., Расина И.В. Улучшение и приближенно-оптимальный синтез управления в окрестности опорной траектории // Автоматика и телемеханика, 2011. № 12. С.24-37.
20. Гурман В.И., Фесько О.В., Гусева И.С., Насатуева С.Н. Итерационные процедуры на основе глобального улучшения управления // Программные системы: теория и приложения: электрон. научн. журн. 2014. Т5, № 2 (20). С.47-61.
21. 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.
22. 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.
23. Maksat N. Kalimoldayev, 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>
24. Жарков П.В. Оптимизация динамических процессов в котельномагребатесиспользованиемегонелинейнойматематической модели / П. В. Жарков, А. М. Клер // Научно-технические ведомости СПбГПУ. –2008. – № 1 (53). – С. 41–49.
25. 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.
26. Пакет TRACE MODE // <http://www.tracemode.ua/>

УДК 539.3:534.1
ГРНТИ 29.37.03

К.К. Коксалов¹, Ж.К. Куттыхожаева²

¹д.ф.-м.н., профессор Института Математики, физики и информатики при КазНПУ им. Абая,
г. Алматы, Казахстан

²магистрант специальности «Математика» КазНПУ им. Абая,
г. Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОСЛЕКРИТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИИ ПЛАСТИН ВАРИАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Аннотация

Рассмотрены послекритические деформации слоистой пластины при двустороннем боковом сжатии. При этом предполагается, что формы волнообразования после потери устойчивости пластины совпадает с формами волнообразования в момент потери устойчивости. Параметры прогиба определены из условия минимума полной энергии пластины по вариационному методу Ритца. Найден зависимость между напряжением и параметром прогиба. Рассмотрен случай, когда толщина пластины достаточно велика по сравнению с длиной пластины.

Ключевые слова: напряжение, прогиб, устойчивость, метод Ритца.

Аңдатпа

К.К. Коксалов¹, Ж.К. Куттыхожаева²

ТҰРАҚТЫЛЫҚ ПЛАСТИНА ТЕНДЕУІНІҢ ВАРИАЦИЯЛЫҚ ӘДІСІМЕН ШЕШІМІ

¹ф.-м.ғ.д., Абай атындағы ҚазҰПУ, Математики, физики и информатики институтының профессоры,

²Абай атындағы ҚазҰПУ-ның
магистранты

Қатпарлы пластинканы екі жақ бүйірінен қысқан мезеттен оның сындық күйінен кейінгі деформациясы қарастырылған. Пластинаның тұрақтылығы жойылғаннан кейінгі пайда болған толқын формасы оның тұрақтылығы жойылған сәтіндегі пайда болған толқын формасымен бірдей деп жорамалданған. Пластинаның майысу параметрі оның толық энергиясының минимум болу шартынан Ритцаның вариациялық тәсілімен анықталған. Кернеу мен майысу параметрінің арасындағы тәуелділік табылған. Пластинаның қалыңдығы оның ұзындығынан аса үлкен болған жағдай қарастырылған.

Түйін сөздер: кернеу, майысу, тұрақтылық, Ритца тәсілі.

Abstract

SOLVING EQUATION OF STABILITY PLATE BY VARIATION METHOD

Koksalov K.K.¹, Kuttykhozhayeva Zh.K.²

¹Dr. Sci. (Phys.-Math), Professor of the Institute of Mathematics, Physics and Informatics at Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

²Student of Master Programme in Mathematics of the Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

The post-critical deformation of a laminated plate with bilateral lateral compression is considered in this article. This assumes that the shape of the wave formation after buckling of the plate coincides with the shape of the wave formation at the moment of buckling. Parameters of the deflection is determined by minimizing the total energy of the plate by the variational method of Ritz. The dependence between the pressure and deflection parameter. Considered the case when the plate thickness is large enough compared to the length of the plate.

Keywords: pressure, deflection, stability, Ritz method.

Рассмотрим послекритические деформации слоистой пластины длины a и толщины H подверженной двустороннему боковому сжатию. Задача сводится к определению параметров прогиба и напряжений в пластине после потери устойчивости. Параметры прогиба определим из условия минимума полной энергии системы. Выражение для полной энергии пластины в перемещениях имеет вид [1]:

$$\begin{aligned} \mathcal{E} = & \frac{1}{2} \int_0^{a/h} \int_0^{H/h} \left\{ B \left[\frac{\partial u}{\partial x_1} + \frac{1}{2h} \left(\frac{\partial w}{\partial x_1} \right)^2 \right]^2 + \frac{D}{h^2} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} \right)^2 + \frac{G_2 h^2}{h_2} \left(\frac{\partial u}{\partial z_1} + \frac{\partial w}{\partial x_1} + \frac{1}{h} \frac{\partial w}{\partial x_1} \frac{\partial w}{\partial z_1} \right)^2 \right. \\ & \left. + \frac{E_2 h^2}{h_2} \left[\frac{\partial w}{\partial z_1} + \frac{1}{2h_2} \left(\frac{\partial w}{\partial z_1} \right)^2 + \frac{h_1}{2hh_2} \left(\frac{\partial w}{\partial x_1} \right)^2 \right]^2 \right\} dx_1 dz_1 + \left[Ph \int_0^{H/h} u dz_1 \right]_{x_1=0}^{x_1=\frac{a}{h}}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $B = \frac{E_1 h_1}{1 - \nu_1^2}$ – жесткость при сжатии, $D = \frac{E_1 h_1^3}{12(1 - \nu_1^2)}$ – цилиндрическая жесткость, E_1 – модуль

упругости, ν_1 – коэффициент Пуассона, h_1 – толщина жесткого слоя; $E_2 = \frac{2G_2(1 - \nu_2)}{1 - 2\nu_2}$ – трансверсальный

модуль, G_2 – модуль сдвига, ν_2 – коэффициент Пуассона, h_2 – толщина мягкого слоя; $x_1 = \frac{x}{h}$, $z_1 = \frac{z}{h}$; $h = h_1 + h_2$, u, w – горизонтальные и вертикальные перемещения.

Предположим, что формы волнообразования после потери устойчивости совпадают с формами волнообразования в момент потери устойчивости. Тогда нормальное перемещение имеет вид [1]:

$$w(x_1, z_1) = \ell \sin kz_1 \sin mx_1, \quad (2)$$

где $k = \frac{\pi h}{2H}$, ℓ – параметр прогиба.

Горизонтальное перемещение определим в виде:

$$u(x_1, z_1) = u - \frac{1}{2h} \int \left(\frac{\partial w}{\partial x_1} \right)^2 dx_1 = -\frac{\ell^2 m}{8h} (mx_1 + \sin^2 kz_1 \sin 2mx_1) - \frac{Ph}{B} x_1, \quad (3)$$

где $m = \frac{2\pi h}{a}$.

Подставляя значения перемещения (2), (3) в (1), получим

$$\mathcal{E} = \frac{1}{2} \left[\frac{\ell^4 m^4 a H B}{128 h^4} + \frac{\ell^2 m^4 a D H}{4 h^4} + P^2 a H + \frac{G_2 h^2}{h_2} \left(\frac{\ell^4 m^2 k^2 a H}{256 h^4} + \frac{\ell^2 m^2 a H}{4 h^2} + \right. \right.$$

$$\begin{aligned}
 & + \frac{\ell^2 m^2 k^2 aH}{64h^4} - \frac{2\ell^3 m}{9h} \left) + \frac{E_2 h^2}{h_2} \left(\frac{\ell^2 a k^2 H}{4h^2} + \frac{9\ell^4 a k^4 H}{256h_2^2 h^2} + \frac{9\ell^4 h_1^2 m^4 aH}{256h_2^2 h^4} + \right. \\
 & \left. + \frac{8\ell^3 k^2}{9mh_2} + \frac{2\ell^3 h_1 m}{9hh_2} + \frac{\ell^4 h_1 m^2 k^2 aH}{128h^3 h_2^2} \right) \left] - \frac{\ell^2 m^2 aHP}{8h^2} - \frac{P^2 Ha}{B}. \quad (4)
 \end{aligned}$$

Состоянию равновесия соответствует минимум полной энергии. При этом первая вариация от полной энергии системы равна нулю.

Согласно вариационному методу Ритца [2]:

$$\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial \ell} = 0 \quad (5)$$

Подставляя выражение (4) в уравнение (5), получим зависимость между напряжением и параметром прогиба:

$$\begin{aligned}
 P = P_{kp} + \frac{8G_2(1-\nu_2)\zeta}{3\pi r(1-2\nu_2)(1-\rho)^2} \left(1 + \frac{a_1^2}{\rho r^2} - \frac{(1-\rho)^2(1-2\nu_2)}{6\rho(1-\nu_2)} \right) + \\
 + \frac{\pi^2 \zeta^2}{16} \left[\frac{E_1}{a_1^2(1-\nu_1^2)} + \frac{5G_2}{8\rho(1-\rho)r^2} + \frac{9E_2}{4\rho(1-\rho)^3} \left(\frac{a_1^2}{8r^4} + \frac{2\rho^2}{a_1^2} + \frac{\rho}{9r^2} \right) \right], \quad (6)
 \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned}
 P_{kp} &= \frac{\pi^2 \rho^2 E_1}{12a_1^2(1-\nu_1^2)} + \frac{G_2}{\rho(1-\rho)} \left(1 + \frac{(1-\nu_2)a_1^2}{2r^2(1-2\nu_2)} \right), \\
 a_1 &= \frac{a}{h}, \zeta = \frac{\ell}{h}, \rho = \frac{h_1}{h}, r = \frac{H}{h}.
 \end{aligned}$$

Рассмотрим случаи, когда толщина пластины достаточно велика по сравнению с длиной пластины. Пусть ось ox лежит на свободной поверхности плиты, а ось oz - направлена вниз перпендикулярно оси ox .

Послекритическое поведение данной плиты определим из условия минимума полной энергии плиты. Выражение для полной энергии плиты имеет вид:

$$\begin{aligned}
 \mathcal{E} &= \frac{1}{2} \int_0^{a/h} \int_0^\infty \left\{ B \left[\frac{\partial u}{\partial x_1} + \frac{1}{2h} \left(\frac{\partial w}{\partial x_1} \right)^2 \right]^2 + \frac{D}{h^2} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} \right)^2 + \frac{G_2 h^2}{h_2} \left(\frac{\partial u}{\partial z_1} + \frac{\partial w}{\partial x_1} + \frac{1}{h} \frac{\partial w}{\partial x_1} \frac{\partial w}{\partial z_1} \right)^2 \right\} + \\
 &+ \frac{E_2 h^2}{h_2} \left[\frac{\partial w}{\partial z_1} + \frac{1}{2h_2} \left(\frac{\partial w}{\partial z_1} \right)^2 + \frac{h_1}{2hh_2} \left(\frac{\partial w}{\partial x_1} \right)^2 \right]^2 \left\} dx_1 dz_1 + \left[Ph \int_0^\infty u dz_1 \right]_{x_1=0}^{x_1=\frac{a}{h}}, \quad (7)
 \end{aligned}$$

Горизонтальное перемещение ищем в виде [1]:

$$-\frac{\ell^2 m^2}{2h} \left[(\tau_1^2 K_4^2 - m^2) \exp(-\tau_1 z_1) - (\tau_2^2 K_4^2 - m^2) \exp(-\tau_2 z_1) \right]^2 \left(\frac{1}{2} x_1 + \frac{1}{4m} \sin 2mx_1 \right), \quad (8)$$

а нормальное перемещение определяется по формуле:

$$w(x_1, z_1) = \ell \left[(\tau_1 K_4^2 - m^2) \exp(-\tau_1 z_1) - (\tau_2 K_4^2 - m^2) \exp(-\tau_2 z_1) \right] \sin mx_1 \quad (9)$$

где

$$\tau_{1,2} = \frac{m}{2K_4} \left(\sqrt{\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{K_1^2 K_4^2}{K_2^2}}} \pm \sqrt{\frac{5}{2} - 3\sqrt{\frac{1}{4} + \frac{K_1^2 K_4^2}{K_2^2} - \frac{m^2 K_4^2}{2}}} \right),$$

$$K_1^2 = \frac{12G_2(1-\nu_1^2)}{E_1\rho^3(1-\rho)}, K_2^2 = \frac{12E_2(1-\nu_1^2)}{E_1\rho^3(1-\rho)},$$

$$K_3^2 = \frac{12(1-\nu_1^2)P}{E_1\rho^2} = K^2 P, K_4^2 = \frac{G_2(1-\nu_1^2)}{E_1\rho(1-\rho)}.$$

Подставляя решения (8), (9) в (7) и используя вариационный метод Ритца (5), получим:

$$\begin{aligned} & \left[\frac{(\tau_1^2 K_4^2 - m^2)^2}{2\tau_1} - \frac{2(\tau_1^2 K_4^2 - m^2)(\tau_2^2 K_4^2 - m^2)}{\tau_1 + \tau_2} + \frac{(\tau_2^2 K_4^2 - m^2)^2}{2\tau_2} \right] P = \\ & = \frac{m^2 E_1 K_4^4 (\tau_1 - \tau_2)^2}{2(1-\nu_1^2)(\tau_1 + \tau_2)} + \frac{E_1 m^2 \rho^2}{12(1-\nu_1^2)} \left[\frac{(\tau_1^2 K_4^2 - m^2)^2}{2\tau_1} - \frac{2(\tau_1^2 K_4^2 - m^2)(\tau_2^2 K_4^2 - m^2)}{\tau_1 + \tau_2} + \right. \\ & \left. + \frac{(\tau_2^2 K_4^2 - m^2)^2}{2\tau_2} \right] + \frac{2G_2 m^2 (\tau_1 - \tau_2)}{4\tau_1 \tau_2 (\tau_1 + \tau_2)} - K_4^2 + \frac{E_2}{\rho(1-\rho)m^2} \left[\frac{\tau_1 (\tau_1^2 K_4^2 - m^2)^2}{2} - \right. \\ & \left. - \frac{2\tau_1 \tau_2 (\tau_1^2 K_4^2 - m^2)(\tau_2^2 K_4^2 - m^2)}{\tau_1 + \tau_2} + \frac{\tau_2 (\tau_2^2 K_4^2 - m^2)^2}{2} \right] + \frac{G_2 \zeta^2}{8\rho(1-\rho)} \left\{ \frac{1}{48} \tau_1 (\tau_1^2 K_4^2 - m^2)^4 \times \right. \\ & \times \left[(8a_1^2 m^2 - 9)\tau_1^2 + 96\tau_1 + 48 \right] + \frac{(\tau_1^2 K_4^2 - m^2)^2 (\tau_2^2 K_4^2 - m^2)^2}{4(\tau_1 + \tau_2)} \left[8\tau_1^2 + 8\tau_2^2 + \tau_1 \tau_2 \left((8a_1^2 m^2 - 9)\tau_1 \tau_2 + \right. \right. \\ & \left. \left. + 48\tau_1 + 48\tau_2 + 32 \right) \right] - \frac{\tau_1 (\tau_1^2 K_4^2 - m^2)^3 (\tau_2^2 K_4^2 - m^2)}{3(\tau_2 + 3\tau_1)} \left[(8a_1^2 m^2 - 9)\tau_1^2 \tau_2 + \tau_1 (3\tau_2 + \tau_1) + \tau_1 + \tau_2 \right] - \\ & - \frac{\tau_2 (\tau_1^2 K_4^2 - m^2) (\tau_2^2 K_4^2 - m^2)^3}{3(\tau_1 + 3\tau_2)} \left[(8a_1^2 m^2 - 9)\tau_1 \tau_2^2 + \tau_2 (3\tau_1 + \tau_2) + \tau_1 + \tau_2 \right] + \\ & \left. + \frac{\tau_2 (\tau_2^2 K_4^2 - m^2)^4 \left[(8a_1^2 m^2 - 9)\tau_2^2 + 96\tau_2 + 48 \right]}{48} \right\} + \frac{E_2 \zeta^2}{4\rho(1-\rho)^3 \rho m^2} \left\{ \frac{(\tau_1^2 K_4^2 - m^2)^4}{8\tau_1} (3\tau_1^4 + \right. \\ & \left. + 3\rho^2 m^4 + 2\tau_1^2 \rho m^2) + \frac{(\tau_2^2 K_4^2 - m^2)^4}{8\tau_2} (3\tau_2^4 + 3\rho^2 m^4 + 2\tau_2^2 \rho m^2) + \frac{(\tau_1^2 K_4^2 - m^2)^2 (\tau_2^2 K_4^2 - m^2)^2}{2(\tau_1 + \tau_2)} \times \right. \\ & \times \left[9\tau_1^2 \tau_2^2 + \rho^2 m^2 (\tau_1^2 + 4\tau_1 \tau_2 + \tau_2^2) + 9\rho^2 m^4 \right] - \frac{2(\tau_1^2 K_4^2 - m^2)^3 (\tau_2^2 K_4^2 - m^2)}{3\tau_1 + \tau_2} \left[3\tau_1^3 \tau_2 + \rho m^2 \tau_1 (\tau_1 + \tau_2) + \right. \\ & \left. \left. + 3\rho^2 m^4 \right] - \frac{2(\tau_1^2 K_4^2 - m^2) (\tau_2^2 K_4^2 - m^2)^3}{\tau_1 + 3\tau_2} \left[3\tau_1 \tau_2^3 + \rho m^2 \tau_2 (\tau_1 + \tau_2) + 3\rho^2 m^4 \right] \right\}, \quad (10) \end{aligned}$$

Таким образом, получена зависимость между напряжением и параметром прогиба вида:

$$P = P_{kp} + M \zeta^2. \quad (11)$$

Список использованной литературы:

1. Коксалов К.К. Устойчивость эллипсоидальной литосферной оболочки. – Алматы.: РИО ВАК РК, 1999. -190 с.
2. Ланцош К. Вариационные принципы механики. – Физматгиз.: 1965. -411 с.

ӘОЖ 372.851
МРНТИ 27.01.45

Ұ.Б. Рсалды¹

¹Абай атындағы ҚазҰПУ, Математика, физика және информатиканың «Математика» мамандығының магистранты, Алматы қ., Қазақстан

САЛУ ЕСЕПТЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ШЫҒАРУ АЛГОРИТМІ

Аңдатпа

Салу есептері оқушылардың геометриялық білімдерін толығымен қалыптастырудың маңызды құралы болып табылады. Геометриялық салуларды орындау процесі кезінде оқушылар геометриялық фигуралар және олардың арасындағы қатынастар қасиеттерімен танысады, сызбалық құралдарды қолдануды үйренеді, графикалық дағдыларды қалыптастырады.

Мақалада математикалық есептерді жіктеудің түрлері, соның ішінде салу есептері, салу есептерін оқытудың кезеңдері қарастырылған. Мұғалім геометриялық фигураның сызбасын дайын күйде көрсетпей, оның салу жолдарын көрсету керек. Оқушы мұғалімнің салу есептерін неден бастағанын, қандай құрал-жабдықтар пайдаланғандығын бақылай отырып, сызу өнері туралы мәлімет алады. Салу есептерін шығарудың алгоритмі бойынша жүйелі жұмыс істеу оқушыларға геометрия пәнінен тыңғылықты, сенімді және сапалы білім алуға мүмкіндік береді. Сондықтан салу есептеріне лайықты көңіл бөлінуі керек.

Түйін сөздер: Геометриялық салулар, салу есептері, сызғыш, циркуль, алгоритм, нүктенің геометриялық орны.

Аннотация

У.Б. Рсалды¹

¹ магистрант специальности «Математика» Института Математики, физики и информатики при КазНПУ имени Абая, г. Алматы, Казахстан

ЗАДАЧИ НА ПОСТРОЕНИЕ И АЛГОРИТМ ИХ РЕШЕНИЯ

Задачи на построение являются важным инструментом для полного формирования геометрических знаний учеников. В процессе выполнения геометрических построений ученики знакомятся геометрическими фигурами и свойствами их соотношений, учатся использовать графические инструменты, формируют графические навыки.

В статье предусматривается классификация типов математических задач, в том числе задачи на построение, этапы обучения задач на построение. Учитель должен показать пути их построения, не показывая в готовом виде чертеж геометрических фигур. Ученики должны ознакомиться с искусством чертежа, наблюдая за учителем, за ходом построения фигур в задачах, применяя определенные принадлежности. Работа с учениками на задачи для построения дает надежное, высокое качество образования. Поэтому должно быть уделено достаточное внимание на задачи построения.

Ключевые слова: Геометрические построения, задачи на построение, линейка, циркуль, алгоритм, геометрическое место точек.

Abstract

TASKS ON CONSTRUCTION AND ALGORITHM FOR THEIR SOLUTION

Rsaldy U.B.¹

¹Student of Master Programme in Mathematics of the Institute of Mathematics, Physics and Informatics at Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

Tasks for construction of an important tool for the complete formation of the geometrical knowledge of pupils. During execution of geometrical construction pupils will become familiar geometric figures and properties of their relations, to learn to use graphic tools, graphic generates skills.

The article provides a classification of types of mathematical tasks, including tasks on construction, learning stages of tasks on construction. The teacher must show the way of their construction, but must not show in the finished form of drawing of geometric figures. Pupils must get acquainted with the art of drawing, by observing teacher, the course of figure constructions in tasks using defined accessories. Work with pupils on tasks for the construction provides secure, high-quality education. Therefore, must be given to enough attention to the tasks on construction.

Keywords: Geometric construction, tasks on construction, ruler, compasses, algorithm, geometric place of points.

Математикалық есептерді құрылымы және проблемасына қарай жіктеуден басқа да жіктеу түрлері бар. Олар: объектінің сипатына қарай, математикалық мағынасына қарай, шығару тәсіліне қарай, қойылатын талаптардың сипатына қарай және тіліне байланысты болып бөлінеді. Соның ішінде, талаптың қойылымына қарай математикалық есептер: есептеуге, зерттеуге, түрлендіруге, құрастыруға, дәлелдеуге және салуға берілген есептер болып бөлінеді. Біз соның ішінде салу есептеріне тоқтала кетейік [1].

Оқушыларды геометриялық салуларға оқытудың екі мақсаты бар: геометриялық салуларды орындай алу және салуға берілген есептерді шеше алу. 7 сынып геометриясында басты көңіл аударған мәселе – қарапайым салуларды оқушыларға орындатқыза білу және осы теорияны негізгі ұғымдарды қалыптастырғанда бекіте түсу: түзулердің параллельдігі мен перпендикулярлығы, үшбұрыштағы бұрыштар, түзуге қатысты симметрия, және т.б. Салу есептері – математиканың әрі қиын, әрі қызық бөлімі. Осындай есептердің шешімі қолмен салынған салудың сызылғаннан құралмайды, ол есепті шешудің алгоритмін табуда, яғни есептің шешімін бұрыннан белгілі стандарт салулармен іздестіріп сипаттау. Салу есебінің шартында геометриялық фигураны салу талап етіледі. Фигураны салумен есеп шешілді деуге болмайды. Есепті шешу үшін есептің мазмұнын мұқият түсініп, берілген және салынатын фигуралардың арасындағы байланысты ескере отырып, фигураны қалай салуға болатынын біліп алу керек. Салуды неден бастаймыз, алдымен нені саламыз, одан соң нені саламыз, тағы сол сияқты. Оқушылар салу есептерін орындағанда үлкен қиындықтарға душар болады. Мәселе, мектептегі геометриялық салуды оқыту әдістемесі екі мәселені ғана көздейтіндігінде: берілген есепті шешу және онымен қоса оқушыларды жалпы салуға берілген есептерді шешуге үйрету, яғни оларды есеп шешуді жалпылай қарастыруы, ізделінді фигураны талдай отырып, талқылаулар мен ұсыныстар нәтижесінде есеп шешімі ізделінетінін көрсету. Бұл екінші мәселе өте күрделі және оның орындалуы мұғалімнің зор еңбегін талап етеді. Әсіресе, негізгі мектепте, себебі оқушылар салу есептерімен бірінші рет танысады. Көптеген жағдайларда есеп шығару сатыларын іздеу оқушылар үшін әрі зерттеу, әрі кішігірім жаңалық ашумен тең. Салу есептерін шешудің тағы бір қиындығы – есептең шешімін іздеу ұзақ әрі күрделі үрдіс және ол оқушыдан үлкен ынта мен жігерді талап етеді.

Салу есептерін шешуде көбінесе сызғышты пайдаланып:

- 1) берілген нүкте арқылы өтетін түзулерді жүргізуге болады;
- 2) берілген екі нүкте арқылы түзу жүргізуге болады;
- 3) кез келген түзуді жүргізуге болады;

Осылардан басқа ешқандай салу жұмыстарын орындауға сызғыштың мүмкіндігі жоқ.

Циркульді пайдаланып:

- 1) берілген нүктені центр етіп алып, радиусы берілген кесіндіге тең шеңбер салуға болады;
- 2) берілген кесіндіге тең кесінді салуға болады.

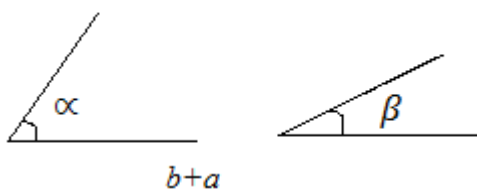
Әдетте, салуға берілген мұндай есептерді төрт бөліктен тұратын алгоритммен шығарады: талдау, салу, дәлелдеу, зерттеу. Алдымен, есепті шықты деп алып, ізделінетін фигураның суретін құралсыз, қолдан салып, есептің берілгендері мен ізделінетін элементтердің арасындағы байланысты табады. Сөйтіп шығарулары белгілі қарапайым есептерге тірейді. Бұл – есептің шығару жоспарын құруға мүмкіндік береді. Шығарудың бұл бөлігін талдау дейді. Содан кейін, белгіленген жоспар бойынша сырғыш пен циркульдің көмегімен салу жұмысын орындайды. Осыдан кейін салынған фигура есептің барлық шартын қанағаттандыратынын дәлелдеу керек. Ең соңында, белгілі теоремаларға сүйеніп, есептің шешімі қандай жағдайда болады немесе болмайды, болса неше шешімі болады, осыны зерттеу керек. Есепті шығарғанда талдау, салу және зерттеу – неғұрлым маңызды кезеңі болып саналады. Дәлелдеу, көбінесе, талдау мен салудан шығады [2].

Математикаға бейімі бар балаларға салуға берілген есептерді толық алгоритммен шығарғандары дұрыс. Егер оқушыларды алгоритм бойынша есеп шығаруға үйретсе, онда есептерді шығару жеңіл болады. Үшбұрыштарды салуға берілген есептерді шығару үлгілерін көрсетейік.

1-есеп. Екі бұрышы және оларға қарсы жатқан қабырғалардың қосындысы бойынша үшбұрыш сал.

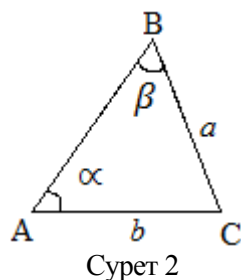
Берілген: α, β бұрыштар $a + b$ - осы бұрыштарға қарсы жатқан қабырғалардың қосындысы (1-сурет).

Салу керек: $\triangle ABC$.



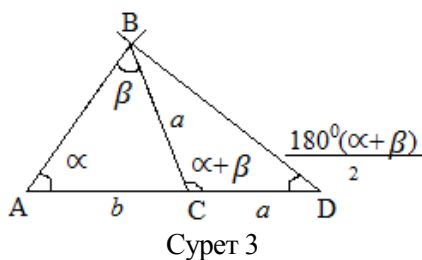
Сурет 1

Талдау. $\triangle ABC$ салынсын деп алайық, мұнда $\angle A = \alpha$, $\angle B = \beta$ (2-сурет).



Сурет 2

$|AC|=b$, $|BC|=a$ болсын. Сонда $|AC|+|BC|=a+b$ болады. AC қабырғасын C нүктесінен ары қарай созып, $|CD|=|BC|=a$ болатындай CD кесіндісін саламыз. Онда $|AD|=a+b$ (3-сурет).



Сурет 3

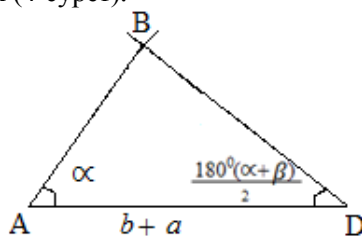
ABC үшбұрышының C төбесіндегі $\angle BCD$ - сыртқы бұрышы $\angle BCD = \alpha + \beta$, $\triangle BCD \Rightarrow \angle CDB = \angle DBC = \frac{180^\circ - (\alpha + \beta)}{2}$ қабырғасының m орта перпендикуляры BCD үшбұрышының C төбесінен өтеді.

Салу. 1) түзу бойына $|AD|=a+b$ кесіндісін саламыз.

2) AD сәулесінің D төбесінен $\angle D = \frac{180^\circ - (\alpha + \beta)}{2}$ бұрышын өлшеп саламыз.

3) AD сәулесінің A төбесінен $\angle A = \alpha$ бұрышын өлшеп саламыз.

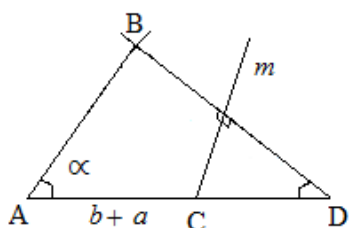
4) Екі сәуле B нүктесінде қиылысады (4-сурет).



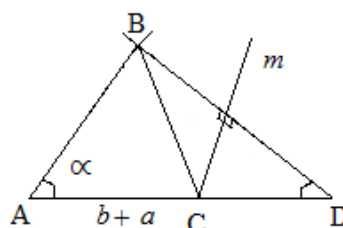
Сурет 4

5) BD кесіндісінің m орта перпендикулярын жүргіземіз: $[AD] \cap m = C$ (5-сурет).

6) $\triangle ABC$ - ізделінді үшбұрыш (6-сурет).



Сурет 5



Сурет 6

Дәлелдеу. Шыққан $\triangle ABC$ есептің барлық шарттарын қанағаттандырады:

1) $\angle A = \alpha$ - салуымыз бойынша;

2) $\angle BCD$ - теңбүйірлі, себебі m орта перпендикуляр, ал $C \in m$.

$$\angle D = \angle CBD = \frac{180^\circ - (\alpha + \beta)}{2} \Rightarrow \angle BCD = 180^\circ - 2 \cdot \angle CBD = 180^\circ - 2 \frac{180^\circ - (\alpha + \beta)}{2} =$$

$$= \alpha + \beta \Rightarrow \angle ABC = \beta.$$

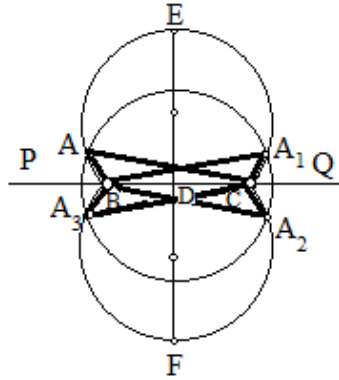
$$3) |AD| = |AC| + |BC| = a + b.$$

Зерттеу. Егер берілген бұрыштардың қосындысы 180° -тан аз болса, есептің шешімі жалғыз ғана болады.

Мектепте қарастырылатын салу есептері әдістерінің бірі – нүктелердің геометриялық орындарының әдісі. Мұғалім геометриялық фигураның сызбасын дайын күйде көрсетпей, оның салу жолдарын көрсету керек. Оқушы мұғалімнің салу есептерін неден бастағанын, қандай құрал-жабдықтар пайдаланғандығын бақылай отырып, сызу өнері туралы мәлімет алады. Енді нүктенің геометриялық орындары әдісімен шығарылатын есептерге бір мысал келтірейік.

2-есеп. Белгілі a қабырғасы, A бұрышы және $BA^2 + CA^2 = k^2$ шарты бойынша, мұндағы k – берілген кесінді, $ВАС$ үшбұрышын салу керек.

Шешуі. Талдау. ABC үшбұрышы салынған деп жорық (7-сурет). Шарт бойынша $BC = a$, олай болса, іздеп отырған үшбұрышымыздың B мен C төбелері берілген $BC = a$ қабырғасының ұштары болады да, оларды салуға оңайға түседі. Сөйтіп, үшбұрышты салу төмендегі екі шартты қанағаттандыратын A нүктесін салумен бітеді.



Сурет 7

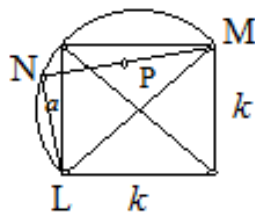
1) Ол нүктеден берілген BC кесіндісінің ұштарына дейінгі қашықтықтары квадраттарының қосындысы k^2 -қа тең, яғни бұл нүкте, центрі BC қабырғасының ортасында жатып, радиусы

$$r = \frac{1}{2} \sqrt{2k^2 - a^2}$$

болатын $O(r)$ шеңберінде жатуы тиіс.

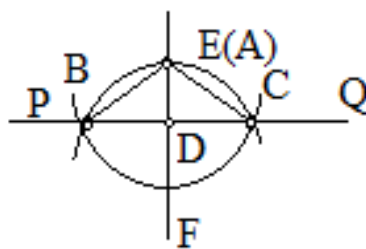
2) A нүктесінен BC кесіндісі A бұрышпен көрінеді, яғни ол, BC кесіндісіне салынып A бұрышын сыйғызып тұрған сегменттің доғасында жатады.

Салу. 1. $r = \frac{1}{2} \sqrt{2k^2 - a^2}$ саламыз (8-сурет). Ол үшін қабырғасы k квадраттың LM диагоналына, диаметр ретінде алып, шеңбер саламыз, сонан соң $L(a)$ шеңбері мен NLM үшбұрышын саламыз. Үшбұрыштың NM катетін қақ бөлсек, $r = MP$ болып шығады.



Сурет 8

2. Нүктенің геометриялық орнын, яғни $D(r)$ шеңберін саламыз, мұндағы D – BC -ның ортасы (9 сурет).



Сурет 9

3. BC кесіндісін табаны ретінде алып, сол кесінді А бұрышынан көрінетін 2) нүктенің геометриялық орнын саламыз.

4. Салынған нүктенің геометриялық орнымен қиылысу А нүктесін белгілейік. Сонда ABC үшбұрышы – іздеп отырған үшбұрышымыз.

Дәлелдеуі оңай болғандықтан оны қарастырмаймыз.

Зерттеу. Егер $2k^2 - a^2 > 0$, яғни $a < k\sqrt{2}$ және $0^\circ < A < 180^\circ$ болса, онда 1-3 салулар орындалады және біркәнді болады.[3]

Осы келтірілген алгоритм бойынша жүйелі жұмыс істеу оқушыларға геометрия пәнінен тыңғылықты, сенімді және сапалы білім алуға мүмкіндік береді деп есептеймін.

Салу есептерін шешу әдісін қосымша үйрету, сонымен бірге мектептегі планиметрияның барлық бөлімдерін қайталауға мүмкіндік беріп, көптеген жағдайда өз білімін саналы түрде тереңдетеді, сонымен қатар салу есептері барысында:

- оқушылардың практикалық іс-әрекеті, мәдениеті дамиды;
- салу, сызу техникасы жоғарылайды;
- есептің шартын, шығарылуын талдау жеңілдейді;
- пән ішінде геометрия және алгебра, сызу байланыстары жүзеге асады.

Салу есептері оқушылардың ойлауын дамытады, өз іс-әрекетін, тәртібін дәлелдей білуге үйретеді. Сондықтан салу есептеріне лайықты көңіл бөлінуі керек.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. Әбілқасымова А.Е. Математиканы оқытудың теориясы мен әдістемесі. – Алматы, 2014.
2. Блинков А.Д., Блинков Ю.А. Геометрические задачи на построение. – М.: МЦНМО, 2014. – 152 с.
3. Назаретский В.Е., Федин Н.Г. Элементар геометриядан есептік-практикум. – Алматы, 1972. – 171 б.

UDC 519.63
CSCSTI 27.35.23

Seitbekova E.S.¹, Imankulov T.S.²

¹Student of Master Programme in Information Technologies at Al-Farabi Kazakh National university, Almaty, Kazakhstan

² PhD, Al-Farabi Kazakh National university, Almaty, Kazakhstan

USING GAUSSIAN MODEL FOR CHANGEABLE WIND CONDITIONS IN ALMATY, KAZAKHSTAN

Abstract

This work describes one of the most serious problems in the world air pollution. According to the basic mathematical models and its features, was chosen Gaussian model. Two methods of improving the model is considered, first one is numerical method, the second one the Gaussian equation is split to series of two dimensional Gaussian distribution puff. All results of the predicted values were visualized using C# and surfer. Windows Forms and showed on the map of the city. These methods can apply to predict the concentration of nitrogen dioxide (NO₂) and carbon dioxide (CO₂) in the air. The results obtained can be widely applied in further scientific research, namely, in the determination of the distribution of the concentration of various pollutants in the atmosphere.

Key words: modeling, air pollution, Gaussian distribution, meteorological data.

Аннотация

Е.С. Сейтбекова¹, Т.С. Иманкулов²

¹магистрант по специальности «Информационные технологии»

Казахского национального университета им. Аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

²PhD доктор Казахского национального университета им. Аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

ГАУССОВАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕМЕНЧИВОГО ВЕТРА В АЛМАТЫ, КАЗАХСТАН

В данной работе описывается одна из серьезных проблем в мире – загрязнение атмосферы. Для моделирования распределения загрязняющих веществ была выбрана Гауссовская модель. В работе были рассмотрены методы улучшения модели и алгоритм определения уровня загрязненности. Рассмотрен численный метод решения задачи на основе метода конечных разностей. Все результаты были продемонстрированы на визуализаторе серфер и показаны на карте города Алматы. С помощью данных алгоритмов могут быть найдены распределение концентрации диоксида азота (NO₂) и диоксид углекислого газа (CO₂) в воздухе. Полученные результаты могут быть широко применены в дальнейших научных исследованиях, а именно в нахождении распределения концентрации различных загрязняющих веществ в атмосфере.

Ключевые слова: моделирование, загрязнения атмосферы, распределение Гаусса, метеорологические данные.

Аңдатпа

Е.С. Сейтбекова¹, Т.С. Иманкулов²

АЛМАТЫДАҒЫ ҚҰБЫЛМАЛЫ ЖЕЛ ЖАҒДАЙЛАРЫ ҮШІН ГАУСС МОДЕЛІ

¹Әл-Фараби атындағы ҚазҰПУ, «Ақпараттық жүйелер» мамандығының магистранты, Алматы қ., Қазақстан

²Әл-Фараби атындағы ҚазҰПУ, PhD докторы, Алматы қ., Қазақстан

Ұсынылып отырған жұмыс әлемдегі маңызы зор мәселелерінің бірі – ауаның ластануын сипаттайды. Ластандырғыш зат тектерінің үлестірімін модельдеу үшін Гаусс үлгісі тандалды. Жұмыста үлгінің жетілдіру әдістері қарастырылған және ауаның ластану деңгейін болжайтын алгоритм ұсынады. Қойылған есепті шешу үшін ақырлы-айырылымдар схемасы негізінде сандық әдіс қарастырылған. Барлық нәтижелер серфер бағдарламасында көрнекіленген және Алматы қаласының картасында көрсетілген. Осы алгоритмдардың көмегімен азот диоксидінің (NO₂) және көміртегі диоксидінің (CO₂) концентрацияларының таралуы болжануы мүмкін. Алынған нәтижелерді атмосферадағы ластандырғыш заттардың концентрациясының таралуын зерттейтін ғылыми-зерттеу жұмыстарында кеңінен пайдалануға болады.

Түйін сөздер: модельдеу, атмосфераның ластануы, Гаусс үлестірімі, метеорологиялық мәліметтер.

Introduction. During the long time the main environmental problem of Almaty is air pollution. One of the reasons of the pollution is geographical features and meteorological conditions of the city which lead to air pollution. Almaty is located on the board valley closed on three sides by the mountains, which prevents to impurity dispersion. The main reason of calm wind is mountain ranges which affect to air mass transportation from north. Moreover, the poorly planned and ill-conceived construction of the city prevents to horizontal air mass transportation. And also there are a lot of sources of air pollution includes automobiles, combustion of solid fuels, heating, poor environmental regulation and poor maintenance of vehicles. The following figure shows the percentage of air pollution sources in Almaty.

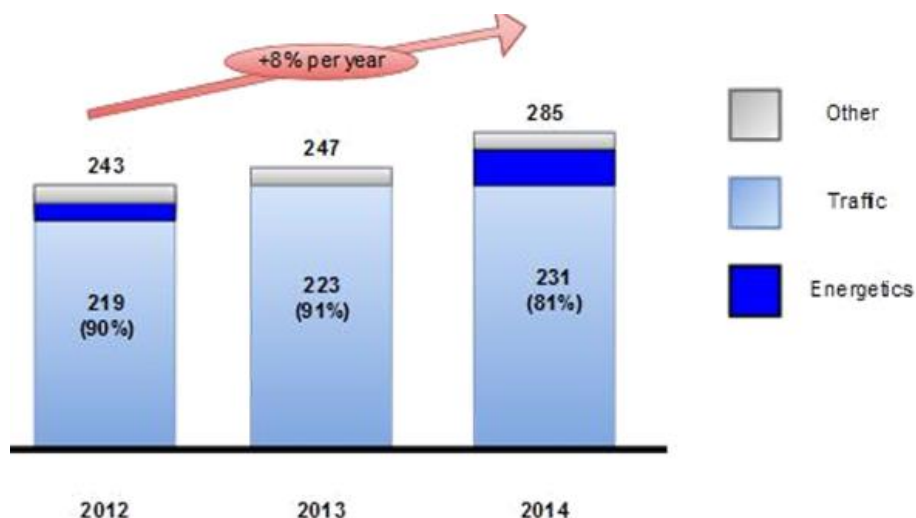


Figure 1. Statistical data of the Department of Statistics of the city of Almaty 2015

Air quality portals which give information of the current air quality in the country as well as background

information about air pollutants, health effects and legislations:

- 1) Geographical portal for air quality monitoring of the Kazhydromet: <http://www.atmosfera.kz/>
- 2) RACISM and Environmental Protection Centre (ETC) Ust-Kamenogorsk: <http://cebuk.kz>
- 3) Kazakh agency of applied ecology (KAAE) <http://www.kape.kz>
- 4) Eco posts of Almaty
- 5) Monitoring of air quality in Almaty – AUA <http://www.almatyurbanair.kz/>

Kazakhstan's environmental situation is at a critical crossroad – where the pressures of economic growth without adequate environmental controls and the legacy of industrial production are beginning to take their toll on society in terms of health. In addition, Kazakhstan, would like to promote itself as a modern and resourceefficient economy that is worthy of top international standing. In response, a series of proactive planning has emerged through such strategic initiatives as the Green Economy Concept (2013) with its accompanying actions that aim to reduce the ecological footprint of economic activities, promote sustainable economic growth and place Kazakhstan on a cleaner and greener development path.

Almaty is crowned the 9th dirtiest city in the world, though Baku, the capital of Azerbaijan, wins, according to Mercer Human Resource Consultant's 2007 Health and Sanitation Rankings. Geographical features and meteorological conditions of Almaty are one of the reasons which lead to Almaty's air pollution, although they are not the main.

Modeling air pollution diffusion. Numerical models of atmospheric dispersion have now turned into an unpredictable mix of climate and territory data and scattering comparison. Some comprise of arrangement of modern mathematical statements about meteorology, topography and so forth. Regardless of how well the model is produced or modern to cover every one of the conditions, some models are simplified, however they are successful.

The commonly used method of modelling air pollutant dispersion is represented by a differential equation, which expresses the rate of change of pollutant concentration in terms of average wind speed and turbulent diffusion. Mathematically this process is derived from the mass conservation principle. The basic diffusion equation used in air quality modelling is given by:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\left(u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} + w \frac{\partial C}{\partial z}\right) + \frac{\partial}{\partial x} K_x \frac{\partial C}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} K_y \frac{\partial C}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} K_z \frac{\partial C}{\partial z} + Q + R \quad (1)$$

where C – pollutant concentration; t – time, x, y, z – position of the receptor relative to the source; u, v, w – wind speed coordinate in x, y and z direction; K_x, K_y, K_z – coefficients of turbulent diffusion in x, y and z direction; Q – source strength; R – sink (changes caused by chemical reaction).

Gaussian distribution for air pollution. The diffusion equation 1 can be solved by two approaches. The first, and more complex type of solution is by numerical integration, having defined boundary conditions. The second approach is via simplifying assumption that the wind and turbulence functions are independent of time and position. Then, an analytical solution is possible, in which the pollutant concentration is expressed as a Gaussian distribution. Using analytical approach, the first formulation for the steady-state concentration of the downwind from a continuous point source was presented by Sutton [1], and further developed by Pasquill [2] and Gifford [3]. The formulation of the Gaussian plume model for the continuous point source is given by:

$$C(x, y, z; H) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z\bar{u}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \times \left[\exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right\} + \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right\}\right] \quad (2)$$

where C – pollutant concentration (mass/volume); Q – emission rate from the point source (mass/time); z – receptor height above ground (m); u – mean horizontal wind speed (m/s); H – effective stack height (m) – the sum of the physical stack height (h) and the plume rise (Δh); σ_y and σ_z – horizontal and vertical dispersion coefficients (m) at a distance x from the source; x and y – downwind and lateral distances from the source to the receptor point (m).

Gaussian model is the oldest and most prominent utilized model. It accepted that the contamination gas scattered in air is a Gaussian dispersion. The model has another modified type for different gases and environment conditions. It is used for predicting different type of discharge: long-time release, continuous dispersion, non-continuous plumes. According to the basic mathematical models and its features, we choose the widely used Gaussian model.

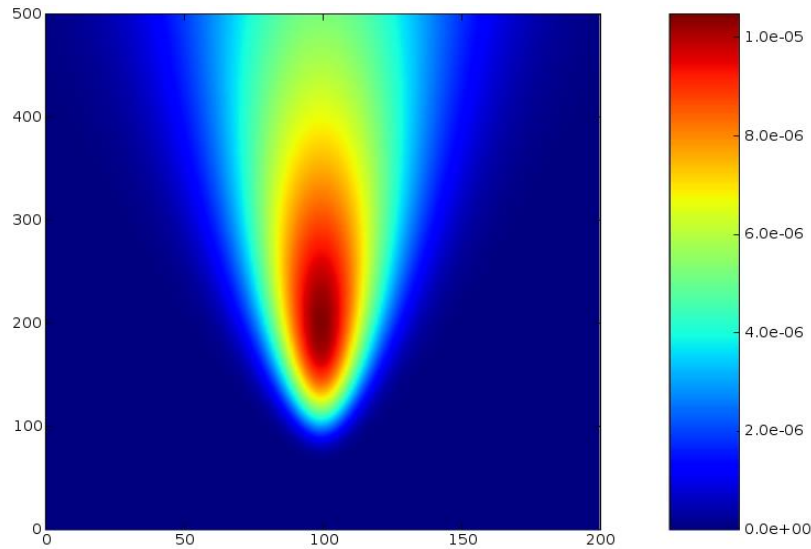


Figure 2. Simple Gaussian distribution for point source

Line source model. Line sources are typically encountered during the atmospheric diffusion modelling of vehicular pollution and may be treated as assemblages of finite line sources. But, because an explicit solution to the general finite line source problem is not possible, it has to be approximated as a series of point sources. Thus, a line source may be considered to be a superposition of a series of point sources.

Now, assume a hypothetical line source along y_1 -direction so that the wind is perpendicular to it. The concentration at the receptor $R(x_1, y_1, z)$ due to this hypothetical line source can be calculated by integrating equation 2. It is expressed as:

$$C'(x_1, y_1, z) = \int QL \varphi(x_1, y_1, z) dy_1' \quad (3)$$

Since the deterministic model is based on the Gaussian plume model, which assumes the concentration distribution perpendicular to the plume axis to be Gaussian, the function φ in the above equation can be replaced by the generalized plume formula for an elevated point source.

$$C(x, y, z; H) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y'\sigma_z'\bar{u}\sin\theta} \left[\exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{Q_z}\right)^2\right\} + \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{Q_z}\right)^2\right\} \right] \times \int_{-L/2}^{L/2} \exp\left[\left(-\frac{y_1'\sin\theta - x\cos\theta - y\sin\theta}{2Q^2y}\right)^2\right] \sin\theta dy_1' \quad (4)$$

Gaussian model for changeable wind. Gaussian dispersion is too simple to be applied to practical conditions. It has two defects: wind, limited to constant wind direction and speed, and time component in the equation. As per the genuine different states of meteorology and geography, the disentangled model needs streamlining to guarantee unwavering quality. Since it is confined by genuine figuring limit while connected in genuine field framework, the streamlined essentially demonstrate still couldn't be contrasted with created complex air scattering model. In any case, it could fulfill the interest of constant result perception under low calculation limit, and by one means or another mirror the genuine circumstance after advancement. The significant enhancements would be about meteorological conditions, territory and substance sort.

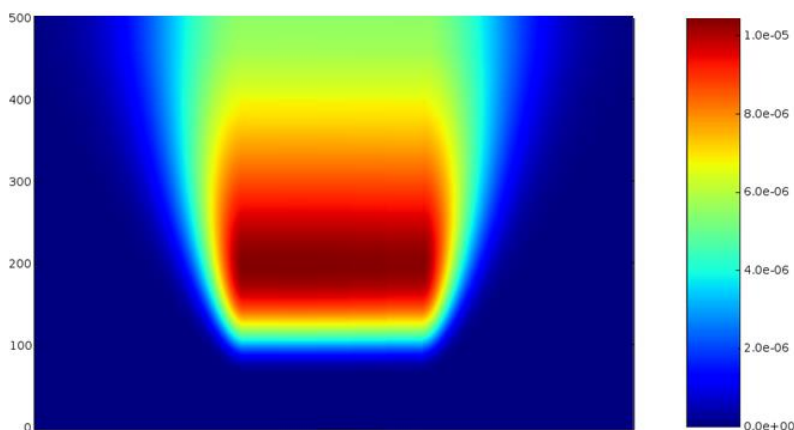


Figure 3. Simple Gaussian distribution for line source

To improve reliability of Gaussian equation in this work we considered one method for improving the model. Gaussian equation is split to series of two-dimensional Gaussian distribution puffs.

$$dC_{k+1} = \frac{dQ(x_k, y_k, z_k, t_k)}{2\pi^{3/2}\sigma_{x,k+1}\sigma_{y,k+1}\sigma_{z,k+1}} \times \exp\left\{-\frac{[x - x_k - u_{x,k+1}(t - t_k)]^2}{2\sigma_{x,k+1}^2} - \frac{[y - y_k - u_{y,k+1}(t - t_k)]^2}{2\sigma_{y,k+1}^2}\right\} \times \left\{\exp\left[-\frac{(z - z_k)^2}{2\sigma_{z,k+1}^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z + z_k)^2}{2\sigma_{z,k+1}^2}\right]\right\} \quad (5)$$

The equation describes that a continuous release is split into a series of instantaneous puffs release, and each one diffuses driven by different wind of its location. $U_{x, k+1}$ and $U_{y, k+1}$ represent the mean wind speed of number $k+1$ moment in x and y directions respectively, so that the model can be controlled by the wind fields. The model also introduced time component. The concentration in region could be described as superposition of each instantaneously released puff. x_k and y_k is the puff's coordinate point of number k moment, and are expressed as:

$$x_k = u_{x,k-1}(t - t_{k-1}) + \sum_{i=1}^{k-2} u_{x,i}(t_i - t_{i-1}) \quad (6)$$

$$y_k = u_{y,k-1}(t - t_{k-1}) + \sum_{i=1}^{k-2} u_{y,i}(t_i - t_{i-1}) \quad (7)$$

The standard deviation components of three directions are due to distance travelled from source, local meteorological and geological conditions. To get the concentration at (x, y, z) at moment t , the equation is described as series of puffs superposition:

$$C(x, y, z, t) = \sum_{i=1}^n C(x_i, y_i, z_i, t_i) \quad (8)$$

Where n is the number of puffs released to represent a continuous release in a certain period of time t . The larger n is set, the bigger calculation pressure of computer will be. While a puff diffuses far enough that it had little effect on the whole concentration in region, there is no need to track this puff anymore which could be omitted. It is better to set a concentration threshold to control the number of puffs in scene.

Applying results to Almaty. Air quality portals which give information of the current air quality in the Almaty are not give full view to the city. For example Geographical portal for air quality monitoring of the Kazhydromet: <http://www.atmosfera.kz/> shows only measurements of 9 sensors. The sensors provide information about level of NO_x, SO₂, H₂S, O₃, NH₃, PM₁₀, PM_{2.5}. Thus sensors couldn't give the real pollution values. Portal almatyurbanair.kz provide information about level of PM_{2.5} in the center of Almaty. We used this information's as input parameters for modeling as point source.

As mentioned in introduction part, the 81% percent of pollution sources are traffic exhaust. For modeling road sources were considered as line sources. For calculation emission from automobiles were used emission factor datasets of AMDS-Urban model [7]. This model uses activity data in terms of vehicle counts for emission estimation. The formula for calculation emission from vehicles needs information about average vehicle count per hour, average speed, road type, vehicle category. The calculation is programmed in C++ language and plotted on city map using Surfer tool [8]. The result of calculation is shown on picture figure 4.

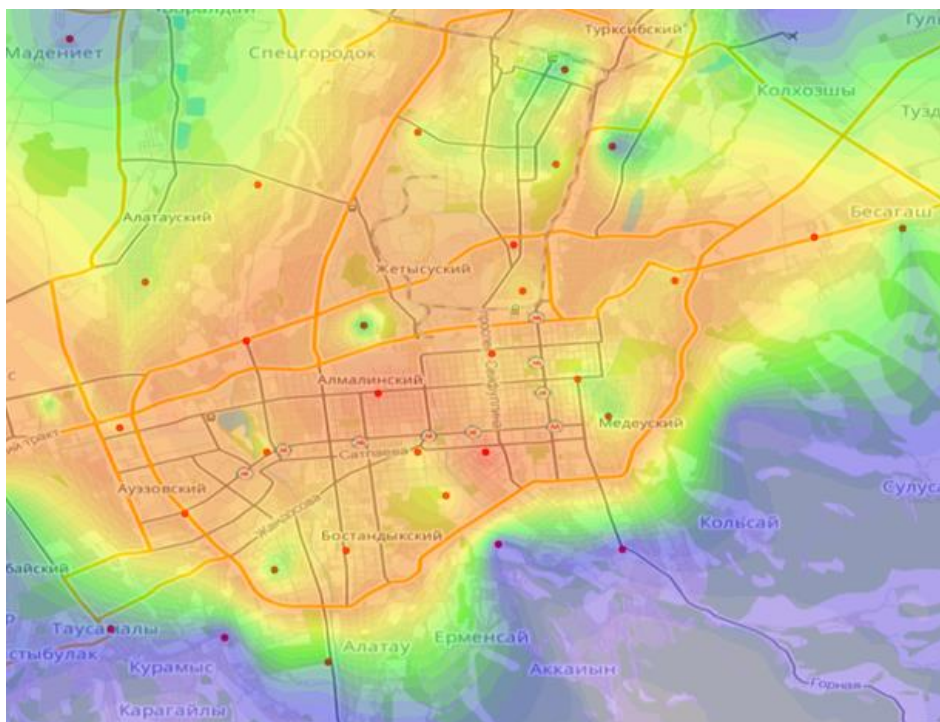


Figure 4. Polluted Almaty city. The level of NO₂

In figure 4 red points are places with known pollution level. Orange lines are main roads of Almaty, which is very polluted. The information about vehicle count were taken from google map and Almaty traffic management center. The figure 4 shows the level of NO₂ gas distribution in city.

Conclusion. Air pollution is a serious problem in many developing countries, and can play a major factor in the health of its population. Almaty belongs to cities with high level of air pollution for many years. And it caused by geographical features and meteorological conditions of the area. The objectives for this paper are modelling the air pollution distribution and prediction the concentration level of air pollutants. According to the basic mathematical models and its features, was chosen Gaussian model. All results of the predicted values were visualized on surfer and showed on the map of the city.

References:

1. Sutton, O.G., 1947. The problem of diffusion in the lower atmosphere. *Quaternary Journal of Royal Meteorological Society*, vol. 73, issue 317-318, – pp. 257-281. – URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/qj.49707331704/full> (дата обращения: 15.10.2016)
2. Pasquill, F., 1961. The estimation of the dispersion of wind borne material. *Meteoro-logical Magazine*, vol. 90, no. 1063, 33-49.– URL:<http://www.oalib.com/references/13491149>(дата обращения: 15.10.2016)
3. Liu J., Wu J., Panda D.K. High performance RDMA-based MPI implementation over Infiniband // *International Journal of Parallel Programming*. – 2004. 32 :167, – №. 3. – pp. 167-198.– URL:<https://link.springer.com/article/10.1023/B:IJPP.0000029272.69895.c1>(дата обращения: 15.10.2016)
4. Zheng Fu, Jingeng Mai, Lin Zhang, Fei Tao. Simplified atmospheric dispersion model and model based real field estimation system of air pollution. *Frontier of environmental science*. Volume 4, Issue 2, – pp.46-54, June 2015. – URL:<http://citeweb.info/20151713382>(дата обращения: 11.11.2016)
5. Walcek, C.J., 2000. Minor flux adjustment near mixing ratio extremes for simplified yet highly accurate monotonic calculation of tracer advection. *Journal of Geophysical Research* Vol. 105, - pp. 9335–9348. – URL:<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/1999JD901142/full>(дата обращения: 12.11.2016)
6. Walcek C. J. Effects of wind shear on pollution dispersion // *Atmospheric Environment*.– 2002. – Vol. 36. – Issue 3. – pp. 511 – 517.– URL:<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231001003831>(дата обращения: 24.01.2017)
7. McHugh C.A., Carruthers D.J., Edmunds H.A. ADMS–Urban: an air quality management system for traffic, domestic and industrial pollution // *International Journal of Environment and Pollution*. – 1997. – Vol. 8. – Issue 3-6. – pp. 666–674. – URL:<http://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJEP.1997.028218>(дата обращения: 25.01.2017)
8. Lafaurie B. et al. Modelling merging and fragmentation in multiphase flows with SURFER // *Journal of Computational Physics*. – 1994. – Vol. 113. – Issue 1, – C. 134-147. – URL:<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021999184711235>(дата обращения: 25.01.2017)

ӘОЖ 372.851
МРНТИ 27.01.45

Б.Т. Тәліп¹

¹Абай атындағы ҚазҰПУ, «Математика» мамандығының магистранты, Алматы қ., Қазақстан

ТАРИХИ ЕСЕПТЕРДІ МАТЕМАТИКА САБАҒЫНДА ПАЙДАЛАНУ

Аңдатпа

Қазіргі заман мектеп математикасын оқыту үрдісінде тарихи элементтерді пайдалану мәселесі болашақ мұғалімдердің кәсіби шеберліктерін шыңдаудың көкейкесті мәселелерінің бірі болып табылады. Көптеген классикалық, тарихи, қызықты есептер білім алушылардың логикалық ойлау қабілетін дамытумен қатар, олардың математикалық сөйлемдерді оңай түсінуіне жағдай жасайды және оларды қиын жағдайларда дұрыс шешім қабылдауға үйретеді, математиканы табиғатпен, күнделікті өмірмен байланыстырады. Мақалада тарихи есептерді пайдалану арқылы оқушының пәнге деген қызығушылығы мен ойлау қабілетін арттыру көзделеді. Оларды сабақта қолданудың маңыздылығы көрсетіледі. Сонымен қатар, 5-сынып оқулығының тақырыптық тарауларына мысалдар келтірілді. Математика сабақтарында тақырыпқа байланысты тарихи есептерді пайдалану сабақты қызықты өткізуге мүмкіндік туғызады. Қазақтың халық есептері өз ұлтына деген мақтаныш сезімдерін оятады.

Түйін сөздер: Математика, есептер, тарихи есептер, ғылым, интеллектуалдық ойлау.

Аннотация

Б.Т. Тәліп¹

¹магистрантспециальности «Математика» КазНПУ имени Абая, г. Алматы, Казахстан

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСТОРИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ

В статье рассматриваются некоторые актуальные проблемы развития профессионального мастерства будущих учителей математики современной школы с учетом внедрения исторических элементов на уроках математики. Применение классических, исторических, интересных задач не только развивает логическое мышление учащихся, а также способствует легкому пониманию математических предложений, обучает принимать правильные решения при трудных ситуациях, приближает математику к природе и к повседневной жизни. В статье предполагается увеличить навыки мышления и интерес к предмету учеников, используя исторические задачи. А также рассматривается важность применения таких задач на уроках математики. Приводятся примеры на тематические разделы математики 5-го класса. Использование исторических задач на уроках математики, связанных с исторической темой, позволит провести урок интересно. Казахские старые, народные задачи пробуждают чувство гордости у учеников за свою нацию.

Ключевые слова: Математика, задачи, исторические задачи, наука, интеллектуальное мышление.

Abstract

USE HISTORICAL TASKS AT LESSONS OF MATHEMATICS

Talip B.T.¹

¹Student of Master Programme in Mathematics of the AbaiKazNPU, Almaty, Kazakhstan

This work explores the problem of developing professional skills of the future mathematics teachers in modern schools with consideration of implementing historical elements in the mathematics lesson. The use of classic, historic, interesting tasks, not only develops logical thinking of pupils, as well as contributes to the easy understanding of the mathematical proposition, teaching to make the right decisions when difficult situations brings mathematics to nature and everyday life.

In the article proposed to increase thinking skills and interest in the subject among students by using historical tasks. Input a word as well as the importance of applying such tasks at lessons of mathematics. The examples in the thematic sections of mathematics grade 5. In mathematics lesson use historical tasks connected to the theme will allow for an interesting lesson. Kazakh old folk task evokes a sense of pride in the pupils for their nation.

Keywords: Mathematics, tasks, historic tasks, science, intellectual thinking.

Әрбір ғылымның дамуына байланысты өздеріне тән ерекше тарихы болады. Оқушыларды сол ғылымның тарихымен таныстыру, оларды адамгершілікке және елжандылыққа тәрбиелеуге, ғылымға деген қызығушылығын оятуға үлкен мүмкіндік туғызады. Өткен дәуірдің ғұлама ойшылдарының өмір жолдары мен олардың ғылымға қосқан үлесімен оқушыларды таныстыру, олардың өзін-өзі тәрбиелеуінде елеулі әсер етеді. Бұл орайда, замана талқысынан өтіп, өңі өзгерсе де сөлі қалған, әр ғасырда өмірге келіп, әр алуан тұрмыс-тіршілікті бейнелейтін тарихи есептердің мәні зор. Сол есептерді бүгінгі күнде сабақпен байланыстра отырып, өз қажетімізге пайдалана алсақ, біздің үлкен жетістігіміз болар еді. Соның бір жолы – сабақта немесе сыныптан тыс жұмыстарда тарихи есептерді пайдалану.

Тарихи есептер математиканы оқыту процесін жетілдіруде, оқушылардың логикасын дамытуда маңызды роль атқарады. Тарихи есептердің көмегімен математикалық білімдерді меңгеруді және оқушылардың білім алуға деген белсенділіктерін арттыруды қамтамасыз ететін әдістемелік тәсілдерге қатысты зерттеулер жоқ емес. Алайда, сол жүйеге енетін есептер тәрбиелік мазмұны жағынан ерекше объект ретінде қарастырылмаған.

Тарихи есептерді қолданудың тәсілдері әртүрлі болуы мүмкін. Оларды негізінен алғанда, мазмұнына байланысты жаңа тақырыпты түсіндіргенде, қайталағанда, бекіткенде, сабақты қорытындылағанда немесе оқушылардың білім, білік және дағдыларын тексергенде қолдануға болады.

Әдетте, математика пәнінің мұғалімдері тарихи есептерді өз тәжірибелерінде жиі қолданады. Алайда, көбіне олар тарихи есептерді тақырыппен байланыстыра отырып қолдануға көп мән бере бермейді. Сондықтан біз төменде 5-сыныпқа арналған математика пәнінің негізгі білім мазмұнында көрсетілген тақырыптарға байланысты төмендегі дейтарихи есептерді мысал ретінде келтіреміз.

«Натурал сандар және нөл саны» тарауын оқытуда мына сияқты тарихи есептерді пайдалануға болады.

№1. Қазақтың халық есебі

Атасы мен немересі

Атасы 56 жаста, ал немересі 14 жаста. Неше жылдан кейін атасының жасы немерелерінің жасынан екі есе үлкен болады? Сонда атасы нешеге, немересі нешеге келеді?

Шешуі: Айталық x жылдан кейін атасының жасы немересінің жасынан 2 есе үлкен болады дейік.

Сонда

$$56 + x = (14 + x) \cdot 2$$

$$56 + x = 28 + 2x$$

$$2x - x = 56 - 28$$

$$x = 28.$$

$$56 + x = 56 + 28 = 84$$

$$14 + x = 14 + 28 = 42.$$

Жауабы: 28 жылдан кейін атасының жасы немерелерінің жасынан екі есе үлкен болады. Сонда атасы 84-ке, немересі 42-ге келеді [1].

«Натурал сандардың бөлінгіштігі» тарауы бойынша мына есепті қарастыруға болады.

№2. «Құтты қазықтар» есебі

Бір қарияның үш ұлы болыпты. Қартайғанда малын еншіге бөліп бергісі келіп, 12 жерден қазық қағады да, бірінші қазыққа 1 қой, екіншіге 2 қой, үшіншіге 3 қой, осы ретпен он екіншіге 12 қой байлайды.

Балаларына «осында байланған қойларды үшеуің тең бөліп алыңдар», - дейді.

- Әрбіреуің төрт қазықтағы қойды ағытып алсаңдар, еншілерің тең болады, - дейді қария. Сонда әрбіреуі қанша қойдан бөліп алады?

Шешуі: «Құтты қазықтар» есебінің математикалық моделі



$$(1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10 + 11 + 12) : 3 = 26$$

Жауабы: Әрбіреуі 26 қойдан бөліп алады.

«Жай бөліктер және оларға амалдар қолдану» тарауы бойынша төмендегідей есептерді қарастыруға болады.

№3. Ежелгі грек есебі

“Мектебіңізде неше шәкірт бар?”- деген сұраққа Пифагор былай деп жауап қайырыпты: “Жартысы математиканы, ширегі музыканы үйренеді, жетіден бір бөлігі үн қатпайды, бұдан басқа тағы үш әйел бар”. Пифагор мектебінде барлығы неше шәкірт бар?

Шешуі:

$$\begin{aligned}\frac{x}{2} + \frac{x}{4} + \frac{x}{7} + 3 &= x \\ \frac{28x + 14x + 8x - 56x}{56} &= -3 \\ \frac{-6x}{56} &= -3 \\ x &= 28\end{aligned}$$

Жауабы: Пифагор мектебінде 28 шәкірт бар.

«Ондық бөлшектер және оларға амалдар қолдану» тарауына мына сияқты есепті пайдалануға болады.

№4. Қазақ халық есебі

Тары жегіш тауықтар

Жүз тауық 100 күнде 100 қалақ тары жейді. Ал 10 тауық 10 күнде қанша тары жейді?

Шешуі: Бір күнде жүз тауық $100:100=1$ (қалақ) тары жейді.

Бір тауық $1:100=0,01$ (қалақ) тары жейді.

Он тауық бір күнде $10 \cdot 0,01 = 0,1$ (қалақ) тары жейді.

Олай болса, он күнде он тауық: $0,1 \cdot 10 = 1$ (қалақ) тары жейді.

Жауабы: Он күнде он тауық 1(қалақ) тары жейді.[2]

«Пайыз» тарауына мына сияқты есепті пайдалануға болады.

№5. Ежелгі египет есебі.

Бақташы 70 өгіз айдап әкеліпті. Есепші бақташыдан «Қанша малыңыз бар еді?» - деп сұрапты. Сонда Бақташы: «Мен малдың үштен бірінің үштен екісін айдап әкелдім, нешеуі барын өзіңіз табыңыз» - депті. Бақташының қанша малы болған?

Шешуі: айдап әкелген мал барлық малдың $\frac{1}{3}$ -інің $\frac{2}{3}$ -сі мынаған тең болады:

$$\frac{1}{3} \cdot \frac{2}{3} = \frac{2}{9} \text{ бөлігі болады.}$$

$$\text{Барлық мал саны } 70 : \frac{2}{9} = \frac{70 \cdot 9}{2} = 315.$$

Жауабы: Бақташының 315 малы болған.

«5-сыныптағы математика курсы қайталау» тарауына мына сияқты есепті пайдалануға болады.

№6. Шехеризада саны

1001 – даңқы шыққан Шехеризада саны. Бұл санның ерекшелігі мынада: 7, 11 және 13 сандарына қалдықсыз бөлінеді немесе $1001 = 7 \cdot 11 \cdot 13$ болады. Бұл санның басқа да ерекшеліктері бар. Кез келген үш таңбалы санды 1001-ге көбейткенде шығатын көбейтіндіні осы үш таңбалы санды екі рет қайталап жазғанға тең.

$$873 \cdot 1001 = 873873$$

$$236 \cdot 1001 = 236236$$

Ал бұл санның қандай ғажап сыры бар екендігін дәлелдеп көрейік. Ол үшін «Ойлаған санды табу» есебін шығарып көрейік. Ол үшін I оқушыға үш таңбалы сан ойлауды ұсынады. Оны қағазға жазғаны дұрыс. Енді ойлаған санға осы санның өзін тіркеп жазып, сан жазылған қағазды II оқушыға береді. II оқушы қағазға жазылған санды 13-ке бөліп, шыққан санды III оқушыға береді, III оқушы 13-ке бөлінген санды 11-ге бөліп, IV оқушыға беруі керек, ал IV оқушы 11-ге бөлінген санды 7-ге бөліп, шыққан санды оқушы керек. Бұл ФЫсан 1 оқушының ойлаған саны болады.

Мұнда ешқандай да құпия жоқ. Үш таңбалы бір сан ойлап, оны 1001-ге көбейтіп, қайта 1001-ге бөлдік. Нәтижесінде ойлаған санның өзі шықты.

Ойынды мысалмен көрсетейік:

I оқушы 871 санын ойлады дейік, оған 871 санын тіркеп 871871 түрінде жазып, II оқушыға берді делік. Бұл $871 \cdot 1001$ -ге көбейтілгенде 871871 саны шығады. II, III, IV оқушының кезегімен 13, 11, 7-ге бөлуі, бұл санды 1001-ге бөлумен тең. Себебі, $13 \cdot 11 \cdot 7 = 1001$ санын береді. Сонымен, 871 санын 1001-ге көбейтіп, қайта 1001-ге бөлгенде, бөліндіде ойлаған 871 саны шығады. Бұл саннан басқа да үш таңбалы кез келген сан ойлап, ойынды жалғастыруға болады.

Осы сияқты есептерді математика сабақтарында жүйелі пайдалану бір жағынан оқушылардың математика пәніне қызығушылығын арттырады, екінші жағынан оқушылардың сол тақырыпты терең меңгеруіне көмектеседі және өмірде қолдана білуге үйретеді.

Елімізде математика сабағын оқытатын кадрлардың кәсіптік құзіреттілігін қалыптастыру – олардың пән бойынша білімін шыңдаумен қатар, жалпы интеллектуалдық ойлау кеңістігін кеңейтуді де талап етеді. Математика сабақтарында мектеп оқушыларының математикалық-логикалық, интеллектуалдық ойлауын дамыту үшін, тарихи, классикалық есептерді, ұлы математиктердің және басқа пән ғалымдарының математика жөніндегі немесе адамгершілік тағы басқа адам бойындағы жағымды қасиеттері, фәлсафалық тұрғыдағы қанатты сөздері, математика тарихындағы қызықты оқиғалар, парадокстар мен шешімі жоқ есептерді, тарихи мәліметтерді пайдалану әдістемесінің маңызы зор.

Мектептегі математика курсына ғылым тарихының элементтерін жүйелі пайдалану оқушылардың пәнге деген ынтасын дамытуға, математиканы неғұрлым терең де, берік игеруге, мектеп оқушыларының диалектикалық-материалистік дүниетанымын қалыптастыруға көмектеседі. Сондай-ақ өз елімізден шыққан математиктер туралы әңгімелер оқушылардың өз еліне, Отанына мақтаныш сезімін оятады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Әлімбаев Т.Р. *Математикадан сыныптан тыс жұмыстар мен халық есептері.* - Алматы: Рауан, 1997. - 80 б.
- 2 Қырық қазына. *Қазақ халқының ауызша есептері.* - Алматы, 1987.

ФИЗИКА, ФИЗИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ ФИЗИКА, МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ

ӘОЖ 373.016:53:502
МРНТИ 535.4

Ғ.М. Әбілдаев¹, В.Ж. Успанова², Н.А. Гайнеденов³, К.Ж. Султанова⁴

^{1,2}Б.Алтынсарин атындағы Арқалық мемлекеттік педагогикалық институтының оқытушысы,
Арқалық қ., Қазақстан

³Х. Досмұхамедов атындағы Атырау мемлекеттік университетінің оқытушысы, Атырау қ., Қазақстан

⁴Абай атындағы ҚазҰПУ-нің аға оқытушысы, Алматы қ., Қазақстан

ФИЗИКАЛЫҚ БІЛІМ БЕРУДЕ ЖОҒАРЫ СЫНЫП ОҚУШЫЛАРЫНЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ БІЛІМДЕРІН ДАМУДЫҢ МАҢЫЗЫ

Аңдатпа

Мақалада оқушылардың физикалық және экологиялық білімдерін дамыту, қоршаған ортаны қорғауға үйрету және қоғамдық белсенділікті арттыру мәселелері қарастырылған. Оқушылардың білімі мен жан-жақты ойлау қабілетін дамыту қамтылған. «Физиканы оқытуда жоғары сынып оқушыларының экологиялық білімдерін дамытудың маңызы» атты экологиялық мазмұндағы сабақтарды өткізудің әдіс-тәсілдері ұсынылған. Табиғатты қорғауға байланысты жұмыстар атқаруда физика сабағының мүмкіндіктерінің көп екені белгілі. Мұның өзі физикалық заңдар мен құбылыстардың мәнін ашып, сабақтың қызықты өтуіне септігін тигізеді. Жоғары сынып оқушыларына табиғатты қорғау қажеттілігін, техниканың қауырт дамуы да оған елеулі зиян келтіретіндігін ескерту құба-құп. Ауаның ластануы жөнінде нақты фактілер келтірген жөн. Мысалы, қара метал мен электр қуаты кәсіпорындарының ауаға шығаратын заттары өкпе ауруларына шалдықтырады. Бұл мақаланың оқытушыларға және жоғары сынып оқушыларына пайдасы болады деп сенеміз.

Түйінді сөздер: Білім беру, физика пәнін оқыту, экологиялық білім беру, негізгі принциптер, қоршаған ортаны қорғау, физикалық заңдар мен құбылыстар, радиоактивті ластану, радиациялық экология.

Аннотация

Ғ.М. Абылдаев¹, В.Ж. Успанова², Н.А. Гайнеденов³, К.Ж. Султанова⁴

^{1,2}Преподаватель Аркалыкского государственного педагогического института имени И.Алтынсарина,
г. Аркалык, Казахстан,

³Преподаватель Атырауского государственного университета имени Х.Досмұхамедова,
г. Атырау, Казахстан,

⁴Старший преподаватель Казахского национального педагогического университета им. Абая,
г. Алматы, Казахстан

ЗНАЧИМОСТЬ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ ШКОЛЬНИКОВ СТАРШИХ КЛАССОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ

В статье рассматриваются вопросы развития знаний учащихся по физике и экологии, привлечения их к защите окружающей среды и повышения общественной активности. Рекомендованы методы проведения уроков с экологическим содержанием на тему «Значимость развития экологического образования учеников старших классов при обучении физике». При работе над темой о защите природы возможности уроков физики очень велики. Это дает нам понять сущность физических законов и явлений, а также интересно провести урок физики. Будет правильно если, ученикам старших классов напоминать о том, что быстрое развитие техники серьезно наносит вред природе и необходимо защищать окружающую среду. Приводит достоверные и конкретные факты о загрязнении воздуха. Например, отходы, выводимые заводами по добытию черного металла, приводит к заболеваниям легких. Значимость этой статьи очень важна при обучении физике учеников старших классов.

Ключевые слова: образование, преподавание физики, экологическое образование, основные принципы, защита окружающей среды, физические законы и явления, радиоактивное загрязнение, радиационная экология.

Abstract

THE IMPORTANCE OF DEVELOPING ENVIRONMENTAL EDUCATION IN TEACHING STUDENTS TO PHYSICS

Abildayev G.¹, Usanova V.², Gainedenov N.³, Sultanova K.⁴

^{1,2}Lecturer, MS degree, Altynsarin Arkalyk State Pedagogical Institute, Arkalyk, Kazakhstan,

³Lecturer, MS degree, Kh. Dosmukhamedov Atyrau State University, Atyrau, Kazakhstan

⁴Senior Lecturer, master degree, Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

This article is dedicated to the matters of development of students' knowledge of physics and ecology, education of environmental protection and improvement of public activity. The training target of this article (scientific paper) is development of student's knowledge and ability to think. There are we give some methods to conduct a lesson on the topic «The importance of developing environmental education in teaching students to physics». There are good opportunities for physics classes for doing a lot of work in the theme «protection of environment». It helps to explain the laws of physics and physical phenomena, and makes the lesson more interesting. We should warn students of high school that they must protect the environment. Explain to students about the facts of pollution of air. For example, manufacturing wastes from the factories of the black metal and electricity can damage to our health. We hope this article will be useful for the teachers and students.

Keywords: education, teaching physics, environmental education, basic principles, environmental protection, physical laws and phenomena, radiation contamination, radiation ecology.

Қазақстан Республикасының әрбір азаматының денсаулығы, білімі мен әл-ауқатын арттыруды қамтамасыз ету мақсатында, Ел Басы Н.Ә. Назарбаевтың «Қазақстан 2030» атты стратегиялық программасында адамдардың денсаулығын жақсарту, салауатты өмір салтын дамыту үшін экологиялық мәселелерді шешу қажеттілігі атап айтылған. Ел Басының стратегиялық программасында: «Экологиялық нашар ахуал бүгінде адам өлімінің 20%-ына себеп болып отыр, бұл жағдай кей аймақтарда мұнан да қиын, отандастарымыздың үштен бірі сапасыз тамақтануда, ол демографиялық жағдайдың төмендеуіне әкеп соғады» - деп атап айтқан [1].

Экологиялық білім беру дегеніміз – адамзат қауымының, қоғамның, табиғаттың және қоршаған ортаның үйлесімділігінің ең тиімді жолдарын ұрпаққа түсіндіру [2]. Экологиялық білімді жүзеге асыруда білім беру аспектілерімен қатар, оның негізгі дидактикалық ұстанымын сақтау керек. Олар экологиялық білім берудің негізгі принциптері болып табылады.

Ғылымилық принципі – негізінен, оқушыларға білім беруде фактілер, құбылыстар мен процестер, адамның табиғатқа әсері, табиғатты қорғау жұмыстары және экологиялық апаттылық жағдайлардың нәтижелері ғылыми тұрғыда дәлелденген материалдар негізінде берілуі және пайдалануы тиіс екенін көрсетеді.

Байланыстылық принципі – негізінен табиғатты, тірі және өлі табиғат пен орта (топырақ, ауа, су, өсімдіктер мен жануарлар) арасында тығыз байланыстың бар екенін ұғынумен түсіндіріледі.

Тепе-теңдік принципі – табиғаттағы биоценоздар, экожүйелер арасындағы тепе-теңдік сақталмауы және олардағы бір компоненттің өзгеруінен табиғи тепе-теңдік бұзылуына әкеліп соғатынын түсіндірумен тқжырымдалады.

Қызығушылық принципі – оқушылардың бойында еліміздің қайталанбас сұлу табиғатына деген қызығушылық сезімін оятып, туған өлкесін, оның табиғи байлықтарын суюге, аялауға тәрбиелеу.

Үздіксіздік принципі – оқушылардың білім қорын балабақшадағы сәбилік кезінен бастап, бастауыш сынып, одан жоғары сыныптарға көтерілу деңгейлеріне үйлестіре отырып дамыту.

Интеграциялау принципі – экологиялық білім беруде физика пәндері (география, биология, физика, математика, т.б.) мен гуманитарлық пәндер (әдебиет, тарих, қоғамтану, т.б.) арқылы оқушыларға берілетін білім негіздерін жеке адам деңгейінен қоғамдық деңгейге көтеру.

Көрнекілік принципі – оқушыларға экологиялық білім беруде оқу процесінде көрнекі құралдар, диафильмдер, киносюжеттер, кеппешөптер, коллекциялар, бейнекөріністер, биоиндикаторлар пайдалану.

Қабылдаушылық принципі – негізінен мұғалімнің экология ғылымының мазмұнын оқушылардың жас ерекшеліктеріне қарай жоспарлауы, экологиялық терминдердің түсініктілігін, ұғымдар мен заңдарды қабылдау мүмкіндіктерін ескере отырып, оның жатық, әрі түсінікті тілмен берілуі.

Өлкелік принципі – экологиялық білім беруде тұрмыстық салт-дәстүрлерді, қала немесе ауылдық жерлерде тұру жағдайларын ескеру. Мүмкіндігінше жергілікті, аймақтық мәселелерді көтеру оған оқушылардың араласуын, туған өлкесіне деген патриоттық сана сезімін ояту [3].

Республикамызда экологиялық білім берудің ең ұтымды, әрі экономикалық жағынан тиімді жолдарын іздестіру міндеті тұр. Сондықтан, экология пәнін 1-11 сыныптарға түгелдей енгізу мүмкін емес. Біздің жинақтаған тәжірибелеріміз экологиялық білім берудің пәнаралық байланыстар және пәнді экологияландыру, факультативтік сабақтар, одан кейіноны жеке пән түрінде біртіндеп енгізудің өміршең екендігін

көрсетіп отыр. Пәнді экологияландыру республикамыздың 2000-2001 жылы жарық көріп жатқан жаңа буын байқау оқулықтарында да көрініс тапқан Әсіресе, жаңа буын байқау оқулықтарының география, биология, химия мазмұнында (әрбір тақырыпта) экологиялық мәселелер беріледі. Онда еліміздің экологиясына арналған материалдар мол. Экологиялық оқу бағдарламасын жасауда екі мәселені басшылыққа алу көзделген. Бірінші: пәнді экологияландыру нәтижесінде экологиялық мәселелерді баяндауды интеграциялау, екінші – арнайы экологиялық білім беру мәселелерін шешетін жеке экология пәнін дамыту.

Бүгінгі таңда Озон қабатының жұқаруы, улы тұзды жаңбырлардың жаууы, ауаның химиялық заттармен ластануы – адамзаттың, яғни біздің іс-әрекетімізден орын алған, орны толмас қасірет болып табылады. Табиғаттың осындай аянышты күйге ұшырап, еліміздің көптеген жерлерінің апат аймағына айналуының бір себебі – экологиялық білім мен тәрбиенің төмендігінде деп білуіміз керек [4].

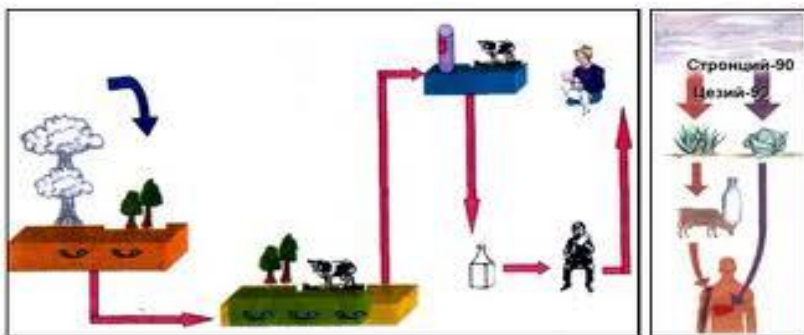
Қоршаған ортаны қорғау – адамзаттың алдында тұрған басты түйткілді мәселелердің бірі. Табиғатты қорғау тақырыбымен қомақты жұмыс атқаруда физика сабағының да мүмкіндіктері көп. Мұның өзі физикалық заңдар мен құбылыстардың мәнін ашып, сабақтың қызықты өтуіне септігін тигізеді. Жоғары сынып оқушыларына табиғатты қорғау қажеттігін, техниканың қауырт дамуы оған елеулі зиян келтіретіндігін ескертіп отыру орынды. Ауаның ластануы жөнінде нақты фактілер келтірген жөн. Мысалы, қара металл мен электр қуаты кәсіпорындарының ауаға шығаратын заттары өкпе ауруларына шалдықтырады [5]. Химия өнеркәсібінің ауаға шығаратын зиянды заттары аллергияның, без және жыныс ауруларының пайда болуына ықпал етеді. Қазақстанда тұрақты өнеркәсіп орындарының көздерінен атмосфераға жыл сайын (1995 ж. – 3,1 млн.г., 1997 ж. – 2,37 млн.г., 1998 ж. – 2,33 млн. г.) зиянды заттар шығады. Атмосфераға кететін зиянды қосындылардың жартысына жуығын энергетика, ал түсті металдар – 22,7%, қара металдар – 15,7%-ын береді.

Сондай-ақ, атмосфераға зиянды заттарды шығаруда автокөліктер үлкен орын алады. Қазақстанның үлкен қалаларында автокөліктердің зиянды заттарды шығарудағы үлесі 60-80% құраса, ал Алматы қаласында – 90%. Ластанудың физикалық факторларына электромагниттік өріс, шу, радиоактивті сәулелену, вибрация, гравитациялық өріс және өнеркәсіптік қондырғылардың жылуы да жатады.

Табиғат тербеліссіз болмайтыны анық. Жоғары сыныптардағы физика сабағындағы «Еркін және еріксіз тербелістер» тақырыбын да экологиялық тәрбиемен ұштастыруға болады. Мысалы, вибрация – әртүрлі механизмдер жұмысының нәтижесі. Ол жабық ғибратта жұмыс істейтін машиналар екені белгілі, ендеше вибрациядан адамдарды қорғау қажет немесе ауыр транспорттың жүрісінің әсерінен пайда болған вибрациядан архитектура ескерткіштері бүлінуде [6]. Көне архитектура ескерткіштерін бүлінуден сақтау үшін физиктер темір бетон блоктардың арасына каучук блоктар салынған корзина жастықты асфальтталған жол салуды ұсынып отырғанын айта кетуіміз керек.

Біз дыбыс әлемінде өмір сүрудеміз. Ал, дыбыс физиканың оптика бөлімінде қарастырылады. Бұл да жоғарғы 10-11 сынып оқушыларына дыбыстың экологиялық және ағзалық зардаптарына тоқталатын болсақ, оның да физика сабағын қызықты өткізуге өз ықпалын тигізеді анық. Мысалы, қажетті сигналдардан басқа да бізге транспорттың, жұмыс істеп тұрған машиналардың және ең жоғары дыбыс шығару деңгейіне қойылған аудио аппаратуралардың үні де әсер етеді. Мысалы, Италиядағы "Сибарис" атты ежелгі грек колониясының тұрғындары өз қаласында түнде шулауға тиым салып, ұстахана мен шеберханаларды қала сыртына салғызатын болған. Қатты дыбыс зиянды. Шудың да адамның қан айналымына әсері бар, зат алмасу процесі өзгереді, асқазан жарасын, гипертонияны т.б. аурулардың пайда болуына әкеледі. Міне осындай құбылыстарды айта кеткеніміз өте орынды [7].

Радиоактивтік ластану қаупі уранның ыдырау реакциясы ашылғаннан бастап пайда болды. Бұл басқа ластану көздеріне қарағанда ерекше болып табылады. Биосферада радиоактивті сәулеленудің екі түрі белгілі: сырттай және іштей сәулелену. Сырттай сәулеленудің көзі радиоактивтік нуклид нәтижесінде болады. Ал, іштей сәулелену адам ағзасына су, тамақ және ауа арқылы түскен радиоактивті элементтер арқылы жүреді. Қорғаныс жолдарын пайдалану заңдылықтарын білсе және орындаса мұндай ластанулар адам ағзасына және қоршаған ортаға зияны болмас еді. Осы мағлұматтар оқушыларға «Радиоактивті сәулелердің биологиялық әсері» тақырыбында берілсе, жоғары сынып оқушылары радиация ұғымы туралы қосымша мәліметтер алған болар еді (1-сурет).



Сурет 1

Радиациялық экология негіздерін ХХғасырдың 30-жылдарында В.И. Вернадский "Радиоактивті заттардың биохимиясы" атты еңбегінде салған. ХХ ғасырдың 50-жылдарында атом өндірісінің дамуы, атом бомбаларын эксперименттік жару барысында стронций, цезий, плутонийдің радионуклидтерінің ауаға тарап, биосфераны ластауына байланысты радиациялық экология дами түсті.

Радионуклидтер – ядролық түрленумен (реакциялармен) салыстырып қарағанда тұрақсыз ядро, ол α және β - зарядталған бөлшектер мен γ -қысқатолқынды электромагниттік сәуле шығарады. Бұл құбылыстың негізгі заңдылықтарын ашу халық шаруашылығына да үлкен пайда келтірді [8].

Біз ғылым мен техниканың қарыштап дамыған уақыты ХХІ ғасырда өмір сүрудеміз. Ағын судай асыққан заманда ұялы телефон – уақытымызды үнемдейтін таптырмас көмекші құрал. Алайда, оның зияны жоқ емес. Бір-бірімізбен хабар алмасып, қоңырау шалып, хабарлама жазамыз. Ұялы телефондарға суретке түсіп, интернет пен әлуметтік желілерде "отырамыз". Ойындар ойнап, фильм қарап, кітап оқимыз, оятар қоңырауына қойып, сүйікті әуендерімізді тыңдаймыз. Осындай адам баласына қажетті құрал қалайша зиян бола алады?

Ұялы байланыстың адам денсаулығына әсерін зерттеуші ғалымдар байланыс орнатудың алғашқы 3-4 секундында сөйлеспей қоя тұруға кеңес береді. Себебі бұл сәтте электромагниттік толқындардың әсері өте көп болады екен. Адам денсаулығына телефонның жағымсыз әсерін азайтудың тағы бір жолы құлақбау тәрізді құрлығыларды пайдалану екен (2-сурет).



Сурет 2

Қазір әлемде ұялы телефондардың қолданыс аясы өзінің байланыс орнату шегінен асып кетті. Телефондар өмірдің барлық саласында қолданылуда. Ұялы байланыстың жұмыс жасау принципі кәдімгі бал арасының ұясының құрылымына ұқсайды. Әрбір аймақта орналасатын базалық станциялар сіздің үздіксіз байланыста болуыңызға мүмкіндік береді. Сіздің өзге абоненттермен сөйлесуіңіз, сәлемдеме жіберуіңіз, ІК-порт немесе Bluetooth жүйесінде мәлімет қабылдауыңыз немесе күту режиміндегі телефон электромагниттік толқындардың өрісімен қатар жүріп отырады [9].

Біздің барлық сөйлесуіміз толқынжыма тудыратын тербелістің төңірегінде жүреді. Қазіргі таңда ұялы телефондар 1800-1900 Меггерц жиілікпен жұмыс істей бастады, бұл диапазонда толқындар аса күшті болады. Олардың сәулесі адам денесіне еніп, оны қыздырады. Осыдан толқындардың адам ағзасының тәндеріне әсері пайда болады. Электромагниттік сәулеленудің қуатының шамамен 20 пайызы адам миына жетеді екен. Бірақ ұялы телефондардан шығатын жиіліктер аса қауіпті деңгейде емес.

Адам ағзасы кез келген материя тәрізді, белгілі бір тербеліс жиілігіне ие. Организмнің әр бөлігі әртүрлі

жиілікке ие. Сырттан келетін кез келген жиілік ағза үшін бөгде болып саналады. Ұялы телефондардан шығатын жиіліктер аса қауіпті болып саналмайды, бірақ телефондарды бас, ми, жүрек тәрізді үздіксіз жұмыс жасайтын ағзалар маңында ұстамауымыз керек.

Осы ұялы телефонның зардаптарын жоғары сыныптардағы физика сабағында «Электромагниттік сәулелер» тақырыбы аясында қосымша мәлімет ретінде айта кетсек, оқушыларды бұл ақпарат қызықтырады. Осылайша оқушылардың ғаламтордан, соның ішінде, агенттен алыстауына аз да болса септігі тиер еді. Біздің пікірімізше, ұялы телефонның зардабын оқушыларға жоғары сынып оқушыларына ғана емес, төменгі сынып оқушыларына, тіпті бала-бақшадан бастап балалардың санасына сіңіргеніміз жөн.

Экологияның дауыс – дыбысын, үнін заң шығарушылар да, ата-аналарда, ұстаздарда көңіл қойып тыңдап, өскелең ұрпаққа жеткізе білу азаматтық парызымыз. Жоғары сынып оқушыларын физика сабағы арқылы табиғатты аялауға бағыттап алсақ, соның негізінде имандылыққа, ізгілікке баулу, экологиялық ой-тұжырымдар ғылыми ұғым түсініктерімен байланыстырсақ, өз туған жерін, елін қорғауға, табиғат байлықтарын алақандарында аялап, бағамдай білетін жас ұрпақ дамыған болар едік [10].

Ұлы Абай ағамыз табиғаттың ерекше құбылыстарын өз өлеңіне арқау еткенін білеміз. «Болмасаңда ұқсап бақ» дегендей физика пәнінің мұғалімдері де Абай ағамыз секілді нақты фактілермен, қызықты мысалдармен жұмыс жасай білуі керек. Жоғары сыныптардағы физика сабағында экологиялық білім беру оның пәндік мәнін жан-жақты ашумен қоса, оқушылардың қоршаған ортаға сүйіспеншілігін арттыра түсері сөзсіз.

Қоғамның жаңа ғасырға аяқ басуы еліміздің әлеуметтік-экономикалық және саяси үрдістеріне үлкен өзгеріс енгізуде. Мұның білім беру саласына да әсер етуі сөзсіз. Себебі, шаруашылықтың өндірістік және өндірістік емес салаларында, тіпті күнделікті тұрмыста жаңа технологияларды қолдануға көшу білім беру жүйесінде «нені оқытамыз?», «қалай оқытамыз?» - ұғымдарын қайта қарастыруды талап етіп отыр. Егер мұғалім білім берудің ақпараттық сипатымен ғана шектелмей, оқушылардың шынайы өмірді танып білуіне, ондағы қайшылықтарды түсінуіне және алған білімдерін өмірде қолдана білуіне бағыт-бағдар беретін болса, онда оқушы өзінің не үшін оқып жүргендігін сезініп, білім алуға деген ынтасы артатын болады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. Назарбаев Н.Ә. Қазақстан – 2030. - Алматы: Білім, 1997. – 256 б.
2. Дүйсембаев Б.М., Тоқбергенова У.Қ. Экологиялық білім беру. //ИФМ.-1997. -N 1.- С.16-19.
3. Дүйсембаев Б.М. және т.б. /Қазақ мектебіндегі оқу-тәрбие деңгейін көтеру проблемалары.-Алматы: РБК, 1996.-172.-С.174.
4. Мамедов Н.М. Экологический контекст современного образования //Педагогическое образование. -М., 1993. Вып. С.10.-39.
5. Тарасов Л.В. Физика в природе. – М.: Просвещение, 1988. – 349с.
6. Мамедов Н.М.Экологический контекст современного образования //Педагогическое образование. -М., 1993. Вып. С.10.-39.
7. Кронгарт Б., Кем В., Қойшыбаев Н. Физика 10 сынып, Жаратылыстану-математика бағыты. – Алматы: Мектеп, 2010. – 384 с.
8. Тұяқбаев С., Насохова Ш., Кронгарт Б. Физика 11 сынып, Жаратылыстану-математика бағыты. – Алматы: Мектеп, 2011. – 400 с.
9. Қазақбаева Д.М., Әбілдаев Ф.М. Физика және астрономия ғылыми-әдістемелік журналы № 4-5 (68). - 2014. - С.3-5.
10. Қазақбаева Д.М., Әбілдаев Ф.М. Қазақстан мектебі. № 5, 2015, С.24-27.

ӘОЖ53.072; 53:004
МРНТИ29.03.77

Б.Е. Ақитай¹, Н. Қаңлыбек²

¹п.ғ.к., Абай атындағы ҚазҰПУ, Математика, физика және информатика институтының профессоры,
Алматы қ., Қазақстан

²Абай атындағы ҚазҰПУ, «Физика» мамандығының магистранты, Алматы қ., Қазақстан

БОЛАШАҚ ФИЗИКА ПӘНІНІҢ МҰҒАЛІМДЕРІН ДАЙЫНДАУДАҒЫ АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫҢ МҮМКІНДІКТЕРІ

Аңдатпа

Мақалада жоғары оқу орындарында болашақ мұғалімдерді кәсіби дайындау үдерісінде заманауи ақпараттық технологияларды оқу үдерісінде қолдану мәселелері қарастырылған. Дәстүрлі оқыту түрімен қатар, мультимедиялық ресурстар мен компьютерлік технологияларды оқыту процесіне енгізу педагогикалық мамандықты бітірушілердің даярлық деңгейін арттыруға мүмкіндік береді. Бұл инновациялық типтегі электрондық презентацияларды, виртуалдық демонстрацияларды, мини фильмдер мен практикумдарды қолдану қажеттілігімен түсіндіріледі. Ол студенттердің теориялық және практикалық даярлықтарының арасындағы алшақтықты жоюға, олардың ақпараттық құзыреттіліктерін тиімді қалыптастыруға мүмкіндік береді. Осымақсатта "Математика, физика және информатика" институтының "Физика" кафедрасында физика пәнінен құрылған дидактикалық материалдардың электрондық қоры туралы баяндалады. Оларды студенттер мен магистранттардың өзіндік жұмыстарында қолдану мәселелері қарастырылған.

Түйінді сөздер: ақпараттық технологиялар, инновациялық білім беру әдістері, физикалық виртуалды эксперимент, дидактикалық материалдардың электрондық қоры.

Аннотация

Б.Е. Ақитай¹, Н. Қаңлыбек²

¹к.п.н., профессор Института Математики, физикии информатики при КазНПУ имени Абая,
Алматы, Қазақстан

²магистрант специальности «Физика», КазНПУ имени Абая, Алматы, Қазақстан

ВОЗМОЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ

В статье рассмотрены способы применения информационных технологий в образовательном процессе. Показано, что внедрение современных мультимедийных ресурсов и компьютерных технологий наряду с традиционными формами обучения, позволит повысить уровень подготовки выпускников педагогических специальностей. Это обуславливает необходимость применения электронных презентаций, виртуальных демонстраций, мини фильмов, практикумов инновационного типа, применение которых позволит преодолеть разрыв между теоретической и практической подготовкой обучающихся, эффективно сформировать информационную компетентность студентов. Для этого, в институте математики, физики и информатики, на кафедре физики создан электронный фонд дидактических материалов по физике. Также, рассмотрены способы их применения для самостоятельной работы студентов и магистрантов.

Ключевые слова: информационные технологии, физический виртуальный эксперимент, инновационные методы образования, электронный фонд дидактических материалов по физике.

Abstract

Akitai B.Y.¹, Kanlybek N.²

¹Cand.Sci.(Pedagogical), professor of the Institute of Mathematics, Physics and Informatics at Abai KazNPU,
Almaty, Kazakhstan

²Student of Master Programme in Physics, Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

THE OPPORTUNITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES FOR TRAINING FUTURE TEACHERS OF PHYSICS

The article discusses the opportunity of information technologies in the educational process. It is shown that the introduction of modern multimedia resources and computer technology along with traditional forms of training, it will improve a preparation level of graduates of pedagogical specialty. These necessitates of usage of electronic presentations, mini movies, innovational workshops permit to get over the gap between theoretical and practical training of students, effectively forming the informational competence of students. For this purpose, electronic fund of didactic materials on physics were created at the institute of math, physics and informatics, at the chair of physics. Additionally, the methods of application of these materials for independent work of students and undergraduates were considered.

Keywords: informational technology, physical virtual experiment, innovative methods of education, electronic fund of educational materials on physics.

Кіріспе. Қазақстан Республикасында білім беруді дамытудың 2011-2020 жылдарға арналған мемлекеттік программасы: «Білім беру жүйесінің басты міндеті – ұлттық және азаматтық құндылықтар мен практика жетістіктері негізінде жеке адамды қалыптастыруға және кәсіби шыңдауға бағытталған білім алуға қажетті жағдайлар жасау, оқытудың жаңа технологияларын енгізу, білім беруді ақпараттандыру, халықаралық ғаламдық коммуникациялық желіге шығу» - делінген [1].

Педагогикалық жоғары оқу орындарының оқытушыларына қойылатын талаптар қазіргі қоғам қажеттілігінен туындайды. Жаңа қоғам мұғалімі тек кәсіби шеберлігі жоғары адам ғана емес, рухани дамыған, шығармашыл, мәдениетті, білім құндылығын түсінетін, педагогикалық технологияларды меңгерген, ғылым мен техника жетістіктері негізінде кәсіби даярланған болуы тиіс. Осындай талап деңгейіндегі маманды даярлау жоғары оқу орындарының үлесіне тиеді. Педагогикалық мамандық – білім беру нәтижесінде алынған және берілетін біліктілікке сәйкес кәсіптік-педагогикалық міндеттерді алға қоюды және шешуді қамтамасыз ететін білім, іскерлік және дағдылардың жиынтығынан тұратын күрделі үрдістің жемісі, осы кәсіптік топ шеңберіндегі қызмет түрі [2].

Жалпы физикадан білім берудің мақсаты – терең білім, дағдылар мен икемділіктер негізінде, өзін-өзі дамытудағы жауапты шешімдерді қабылдауға қабілетті жеке тұлғаны қалыптастыру, соның ішінде, ақпараттық технологияларды терең меңгерген, бүгінгі жылдам өзгермелі қоғамға лайықты, жаңашыл тұлғаны қалыптастыру. Олардың ақпараттық технологияларды (компьютерлік оқыту құралдары, мульти-медиалық оқулықтар, Интернет желісі және т.с.с.) пайдаланып, оқу үрдісін ұйымдастыру дағдыларын қалыптастыру.

Физиканы оқыту технологиясы мен әдістемесі бір-бірімен тығыз байланысты. Физиканы оқыту әдістемесі «Нені оқыту керек?», «Не үшін оқыту керек?», «Қалай оқыту керек?» деген сұрақтарға жауап іздесе, оқыту технологиясы «Қалай нәтижелі оқытуға болады?» деген мәселенің шешімін іздейді. Олардың мақсаты бір, оқытудың тиімді жолдарын қарастыру. Оқытудың тиімді жолдары оқытудың әр түрлі әдістері арқылы анықталады [3].

Жаңа технология бойынша оқыту құралдарында студенттердің өздігінен танымдық іс- әрекетін жүргізе алатындай болуы қажет. Оқулықтағы теориялық және практикалық материалдардың берілу жолы осы мақсатты қанағаттандыра алатындай, студенттердің өз бетімен білім алуына бейімделіп жасалуы осы мүмкіндіктерді жүзеге асырады.

Қазіргі кезде көптеген жаңа технологиялармен қатар, физика сабақтарында ақпараттық технологиялар жиі қолданылуда. Жаңа ақпараттық технологиялар дегеніміз – білім беру ісінде ақпараттарды даярлап, оны оқушыға, студентке беру үдерісі [4].

Ақпараттық технологияларды сабақта пайдаланудың негізгі мақсаты: Қазақстан Республикасында біртұтас білім беретін ақпараттық ортаны құру, жаңа ақпараттық технологияны пайдалану, Қазақстан Республикасындағы ақпараттық кеңістікті әлемдік білім беру кеңістігімен байланыстыру.

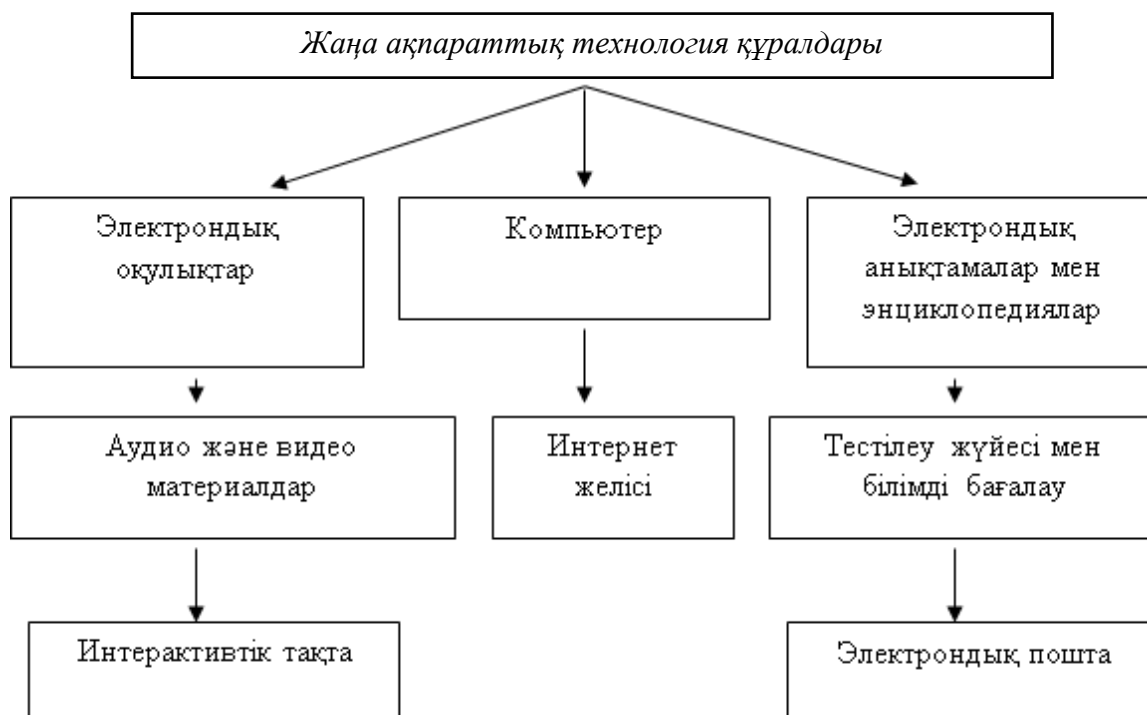
Ақпараттық технологиялардың негізгі міндеттері:

- Сабақта ақпараттық технологиялар құралдарын қолдану;
- Практикалық тапсырмаларды анықтап, оны орындау;
- Ғылыми-ізденушілік және оқу-әдістемелік жұмыстарды жүргізу.

Ақпараттық технологиялардың қағидалары:

- Жеке тұлғаның интеллектуалдық және шығармашылық қабілеттерін дамыту;
- Технологиялық құралдар арқылы игерілетін тапсырмалар мен мәліметтердің түсініктілігі;
- Білімділік пен тәрбиенің бірлігі;
- Жалпы компьютерлік сауаттылық;
- Оқыту мен тәрбиелеудің жылдамдығы.

Жаңа ақпараттық технология құралдары оқыту құралы қызметін атқарады (1-сурет).



Сурет 1. Жаңа ақпараттық технология құралдары

Физика пәнінен ақпараттық технологияларды жүзеге асырудағы жұмыс түрлерін етоқталып өтейік. Ақпараттық технологияларды пайдаланудың негізгі құралдарының бірі – интерактивті тақта, мұнда мультимедиялық және он-лайн сабақтарын өткізуге болады.

«Интерактивті» сөзін ағылшын тілінен аударғанда «бірлесіп әрекет жасау» деген мағынаны білдіреді. Білім берудегі интерактивті технология – бұл сабақ барысында студенттердің ұжымдық жұмыс жасауын қамтамасыз ететін, бірін-бірі толықтыратын және барлық студенттердің қатысуын ұйымдастыратын оқыту технологиясы. Бұл құрылғы компьютер, мультимедиялық проектор және ақпараттарды енгізуге арналған активті қаламнан, интерактивті қаламнан тұрады. Интерактивті тақта интернеттен ақпаратты алуға мүмкіндік жасаумен бірге, оқытушылар үшін керемет көрнекі құрал да бола алады. Физика бойынша сабаққа қажетті материалдарды алдын-ала дайындап қойып, сабақ барысында пайдаланудың тиімділігі өте жоғары болатыны белгілі. «Activstudio» және «Smart Notebook» программаларында физика пәннің оқытушылары өзінің сабағында қолданатын материалдарды алдын-ала компьютерге енгізіп, сақтап қоя алады. Дәрістік, практикалық тапсырмалар, топпен жұмыс істеу, ақпараттық технологияларды қолдана отырып, сабақта презентацияларды құру, графикалық, мәтіндік, кестелік редакторларда еркін жұмыс істеу, жаппай студенттерді пән сабақтары бойынша сұрақ-жауаптармен тестілеу, электронды оқулықтарды, видео, аудио, фото нысаналармен жұмыс жүргізу жолдарын қолдануға болады [5].

Міне осы талдау жасалған мәселелерді ескере отырып, Абай атындағы ҚазҰПУ-нің математика, физика және информатика институтында «Физика» кафедрасында қазіргі уақыт талабына сай физиканы оқытуда пайдаланатын көптеген дидактикалық материалдардың электрондық нұсқалары жинақталып, оның электрондық қоры құрылды.

Олар:

- әр түрлі виртуалды демонстрациялар (барлығы 231, соның ішінде, молекулалық физика – 16, оптика – 8, нақты газдар мен сұйықтар – 5, жылу және жұмыс – 8, физикалық оптика – 22, жалпы физика – 93, электр және магнетизм – 79);
- физикадан электрондық энциклопедия;
- ғалымдардың өмірбаяндарына арналған және іргелі тәжірибелерді бейнелейтін минифильмдер (барлығы – 88, соның ішінде, механика – 11, молекулалық физика және термодинамика – 20, электр және магнетизм – 23, электрмагниттік толқындар – 34);
- студенттерге арналған плакат, сызба кестелер (барлығы 21);
- оқулықтардың электрондық нұсқалары (барлығы 152);
- электронды оқулықтар жүйесімен (барлығы 21) қамтылған.

Жаңа ақпараттық технологияларды физика пәнінен сабақ беруде қолдану кеңінен қарастырылған.

Институт аудиторияларында интерактивті тақта орнатылған. Болашақ физика пәні мұғалімдерін дайындауда әр түрлі тақырыпты түсіндіру кезінде осы материалдар пайдаланылады [6].

Мысалы, «6М011000- Физика»мамандығындағы «Жоғары және орта мектептегі физикалық білімнің өзекті мәселелері» сабақта студенттерді мектеп физика курсынағы Максвеллдің электрмагниттік толқындар теориясын оқытуды дамытып, жетілдірудің дидактикалық негіздерін жасауға дайындауда, электрмагниттік толқындар теориясының құрылымдық кестесін көрсетеміз (1-кесте).

Кесте 1. Максвеллдің электрмагниттік өріс теориясының құрылымдық жүйесі

Фактілер, тәжірибелер	Идеялар, болжамдар	Анықтамалар, негізгі ұғымдар, қорытындылар	Экспериментте дәлелденуі және қолданылуы	Қолданылу шегі
-Кулон заңы -Эрстед тәжірибесі -Ампер тәжірибесі -Ом заңы -Фарадей тәжірибесі -Лоренц күші -Ленц ережесі	-жақыннан әсер ету теориясы туралы болжам; -құйынды электр өрісінің болуы; -ығысу тоғы туралы болжам	Электрмагниттікөріс-материяның бір түрі Д.К.Максвелл. 1865 ж. Электрмагниттіктолқын $c = \lambda \cdot \nu$ Жарық–электрмагниттік толқын	Г.Герц тәжірибесі 1888 ж. А.С.Поповтық радиотолқын 1895 ж. Электрмагниттік өріс қысым тудырады П.Н.Лебедевтің тәжірибелері	Микроәлемге қолдануға болмайды, абсолют қара дененің жылулық сәуле шығаруын түсіндіре алмады, сызықтық спектрді түсіндіре алмауы.

Магистранттар төрт топқа бөлініп, осы кестедегі: фактілер, тәжірибелер; идеялар, болжамдар; анықтамалар, негізгі ұғымдар, қорытындылар; экспериментте дәлелденуі және қолданылуы тақырыптарында электрондық қорды пайдаланып презентацияларын дайындап, оны қорғайды.

Жаңа ақпараттық технологияның негізгі ерекшелігі – бұл студенттерді өз бетімен немесе бірлескен түрде шығармашылық жұмыспен шұғылдануға, ізденуге, өз жұмысының нәтижесін көріп, өз-өзіне сын көзбен қарауына және жеткен жетістігінен ләззат алуға мүмкіндік береді. Ол үшін оқытушы өткізетін сабағының түрін дұрыс тандай білуі қажет.

Жаңа ақпараттық технологияның басты тиімділігі – бұл оқытушыға физика сабақтарындағы оқу үрдісін түбегейлі өзгертуге, оқытудағы пәнаралық байланысты күшейте отырып, әрі сабаққа қажетті тарихи материалдарды пайдаланып, оқушылардың дүниетанымдарын кеңейтуге және қабілеттерін көре білуге, оны дамытуға толық жағдай жасайды.

Сабақта компьютерді пайдаланудың тиімділігін былай саралап көрсетуге болады.

1. Студент пен оқытушының оң қатынаста болуына ықпал етеді. Олай дейтініміз, студенттер компьютермен тікелей қатысты болғандықтан өзін еркін сезінеді.

2. Компьютермен жұмыс барысында студенттердің белсенділік, жауапкершілік және өзіндік шығармашылық қабілеттері қалыптасады. Студент өз бетінше еңбектенеді. Өз еңбегінің нәтижесін көреді. Өзін-өзі қадағалауға мүмкіндік туады. Тапсырмаларды оқытушыныңкөмегісіз орындайды. Сол арқылы ойлау және есте сақтау қабілеттері дамиды.

3. Берілетін материал бірсарынды болып, тек оқытушы ғана сөйлейтін болса, студенттер тез жалығады, сабақ сәтсіз аяқталады. Осындай көңілсіз жағдайларды болдырмау үшін физика сабағында компьютер арқылы студенттердің белсенділігін арттыратын элементтер қолданылады. Мысалы, іргелі теориялардың құрылымын көрсететін кестелер:

1. Электронды оқулықтың тиімділігі
2. Жалпы теорияның құрылымы
3. Классикалық механика теориясының құрылымы
4. Мектеп физикасындағы теорияның құрылымы
5. Классикалық механика теориясының құрылымдық жүйесі
6. МКТ және термодинамика негіздерінің құрылымдық жүйесі
7. Электрдинамика бөлімінің құрылымы
8. Классикалық электрондық теорияның құрылымдық жүйесі
9. Максвеллдің электрмагниттік өріс теориясының құрылымдық жүйесі
10. Салыстырмалылықтың арнаулы теориясының құрылымдықжүйесі
11. Кванттық физика теориясының құрылымдық жүйесі.

Дидактикалық үлестірімелер (жалпы физика бөлімінен тест, бақылау жұмыстары), түрлі ребустар, суреттермен жұмыс кросвордтарын жатқызуға болады. Сондай-ақ, мини фильмдер: Джеймс Максвелл; Эрстед тәжірибесі; Майкл Фарадей; Фотоэффект; Генрих Герц және радиотолқындар; Фуко тоғы және т.б. бар.

Ақпараттық технологияның оқытушы жұмысына тиімділігі – студенттердің біліміндегі олқылықтарына үнемі зерттеу жүргізіп, түзету жұмыстарымен айналысуға пайдасы бар.

Қазіргі қоғамның даму қарқыны оқытушылар шығармашылығын жаңаша, ғылыми-зерттеу бағытында құруды талап етеді. Сондықтан ХХІ ғасыр – информатика ғасыры, ақпараттандыру технологиясы дамыған заманда мемлекетіміздің болашағы – жас ұрпаққа заман талабына сай білім беріп, жан-жақты дамуына ықпал ету оқытушыдан шығармашылық ізденісті, үлкен сұранысты талап етеді.

Компьютер және ақпараттық технологиялар негізінде ұйымдастырылған оқыту үдерісі студенттердің жаңаша ойлау қабілетін қалыптастырып, оларды жүйелік байланыстар мен заңдылықтарды табуға, нәтижесінде – өздерінің кәсіби потенциалдарының қалыптасуына жол ашады.

Бүгінгі таңдағы ақпараттық қоғам аймағындағы студенттердің ойлау қабілетін қалыптастыратын және компьютерлік оқыту ісін дамытатын жалпы заңдылықтардан тарайтын педагогикалық технологиялардың тиімділігі жоғары деп есептейміз.

Қорыта келгенде, оқыту үдерісінде ақпараттық технологияларды қолданып оқыту арқылы дүниенің тұтастығын түсінеміз, жалпы интеллекттің артуына ықпал жасаймыз. Ал біздің жоғары оқу орындарында болашақ мұғалімдерді кәсіби дайындау үдерісінде заманауи ақпараттық технологияларды оқу үдерісінде қолдану жаңа оқу пәндерінің пайда болуына алып келеді және осыған байланысты оқытудың жаңа формалары мен тәсілдерін қарастырудың өзектілігі артады. Компьютерлік коммуникация – білім беру және оны жеткізумен қамтамасыз ете отырып, жоғарыда аталған технологиялардың барлығының ажырамас құрамы болып табылады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. Қазақстан Республикасында білім беруді дамытудың 2011-2020 жылдарға арналған мемлекеттік программасы. – Астана, 2012.
2. Кузьмина Н.В. Педагогическое мастерство учителя как фактор развития способностей учащихся. // Вопросы психологии. - №1, 2009. – С.20.
3. Ақитай Б.Е. Физиканы оқытуды теориясы және әдістемелік негіздері. - Алматы: Қазақ университеті, 2006. – 279 б.
4. Қараев Ж.А., Кобдикова Ж.У. Актуальные проблемы модернизации педагогической системы на основе технологического подхода. – Алматы, 2005. – С.136.
5. Садықов Б.Қ. Интерактивті тақта – гажайып құрал. //Алтын ұя газеті.-2008. №02 (178) – 24 қаңтар.
6. Наглядная физика // Виртуальная образовательная лаборатория. [Электрон.ресурс] - URL: <http://www.virtulab.net/index.php>

ӘОЖ 378.147.88
МРНТИ 14.35.09

Ә.Ә. Ақжолова¹, М.С. Молдабекова², Ә.Б. Абдулаева³

¹І.Жансүгіров атындағы Жетісу мемлекеттік университетінің аға оқытушысы,
Талдықорған қ., Қазақстан

²ф.-м.ғ.д., Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-нің профессоры, Алматы қ., Қазақстан

³І.Жансүгіров атындағы Жетісу мемлекеттік университетінің оқытушысы,
Талдықорған қ., Қазақстан

КӘСІБИ ПӘНДЕР ПРАКТИКАЛЫҚ САБАҚТАРЫНДА СТУДЕНТТЕРДІҢ ЗЕРТТЕУ ҚҰЗІРЕТТІЛІКТЕРІН ҚАЛЫПТАСТЫРУ

Аңдатпа

Ұсынылып отырған мақалада педагогикалық ЖОО-ы студенттерінің зерттеу құзіреттіліктерін қалыптастырудың кейбір аспектілері қарастырылады. Авторлар кеңейген ой-өрісі бар және арнайы құзіреттіліктерді меңгерген болашақ маманның тұлғалық білімімен байланысты бұл ұғымның негізгі құраушыларын байланысын ашып көрсеткен. Мақалада «құзіреттілік», «зерттеу құзіреттілігі» ұғымдары талданған. Дублин дескрипторларына сәйкес физикалық мамандықтардағы зерттеу құзіреттілігін қалыптастырудың құрылымы жүйеленген және студенттердің зерттеу құзіреттілігін қалыптастырудағы зертханалық жұмыстардың рөлі айқындалған. Қазіргі кезде зерттеу құзіреттілігін

калыптастыруды жүзеге асыру ЖОО-дағы маңызды мәселелердің біріне айналып отыр, себебі соның нәтижесінде студенттерде физикалық заңдылықтарды жалпылау мен талдау қабілетін дамытатын құзыреттіліктер қалыптасады.

Түйінді сөздер: физика, құзіреттілік, зерттеу құзіреттілігі, зерттеу жұмысы, құзіреттілікті қалыптастыру.

Аннотация

А.А. Акжолова¹, М.С. Молдабекова², А.Б. Абдулаева³

*¹старший преподаватель Жетысуского государственного университета им. И.Жансугурова,
г. Талдықорган, Казахстан*

²д.ф.-м.н., профессор КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

³преподаватель Жетысуского государственного университета им. И.Жансугурова, г. Талдықорган, Казахстан

**ФОРМИРОВАНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ
НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ ПО ПРОФИЛИРУЮЩИМ ДИСЦИПЛИНАМ**

В предлагаемой статье рассматриваются некоторые аспекты формирования исследовательской компетентности студентов педагогического вуза. Авторы раскрывают основные составляющие данного понятия, которое связано с личностным образованием будущих специалистов, обладающих широким кругозором и специальными компетенциями. В статье анализируются понятия «компетентность», «исследовательская компетентность». Авторы систематизировали структуру формирования исследовательской компетентности согласно Дублинским дескрипторам и выявили роль лабораторных работ в формировании исследовательских компетенции студентов. Практическая реализация формирования данной компетентности представляет собой один из актуальных вопросов образовательной практики высшей школы, в результате которой формируются компетенции, развивающие способности к обобщению и анализу рассматриваемых физических закономерностей.

Ключевые слова: физика, компетентность, исследовательская компетентность, исследовательская работа, формирование компетентности.

Abstract

Akzholova A.A.¹, Moldabekova M.S.², Abdulayeva A.B.³

¹Senior Lecturer of Zhansugurov Zhetysu State University, Taldykorgan, Kazakhstan

²Dr. Sci.(Phys.-Math), Professor of Al-Farabi KazNU, Almaty, Kazakhstan

³Senior Lecturer of Zhansugurov Zhetysu State University, Taldykorgan, Kazakhstan

**THE FORMATION OF RESEARCH COMPETENCES OF STUDENTS
ON PRACTICAL CLASSES OF PROFILE SUBJECTS**

In the present article discusses some aspects of the formation of research competences of university students. The authors reveal the basic components of this concept, which is associated with personal education of future specialists and special competencies. The article analyzes the associated concept of "competence", "communication competence". The structure of formation research competences according to the Dublin descriptors are systematized and highlighted the role of laboratory work in groups research skills of students. The practical implementation of this competence represents one of the pressing issues of educational practice of higher school, which is formed the competence, developing the ability to generalization and analysis of the physical laws.

Key words: physics, competence, research competence, research work, formation competences.

Бүгінгі таңда еліміздің білім беру саласында бәсекеге қабілетті ұрпақ тәрбиелеу үшін маңызды міндеттерді шешуге бағытталған күрделі бетбұрыс жасалуда. «Еліміздің саяси, экономикалық, мәдени, қоғамдық өміріндегі өзгерістерге сай жоғары оқу орындарының үлкен жауапкершілікті сезініп, білікті, өз ісінің шебері, бәсекеге қабілетті, кең ауқымды, жан-жақты дамыған маман дайындауға ұмтылуы, өзінің әлеуметтік-экономикалық және рухани дамуының мазмұны мен сипаттарының өзгеруіне және еңбек сапасына талаптың жоғарылуына байланысты өз ісін жетік білетін, кәсіби білігі мол мамандарды қажет етеді» [1].

Физикалық мамандықтар бойынша жоғары оқу орындарындағы білім берудің дамуының қазіргі кезеңі – оқу үдерісіндегі физиканың жаңа жетістіктері мен ғылыми зерттеулердің интеграциясымен, сонымен қатар, құзіреттіліктер арқылы анықталатын білім сапасының жоғары деңгейінің қажеттілігімен байланысты. Осыған сәйкес, физикалық мамандықтар бойынша педагогикалық кадрларды дайындауда білімгерлердің зерттеу құзіреттіліктерін қалыптастыру мәселесі өзекті болып табылады. Сондықтан, педагогикалық оқу орнында білім алған білімгер белгілі бір құзіреттіліктер жиынына ие болуы керек.

Құзіреттілік – жеке тұлғаның теориялық білімі мен практикалық тәжірибесін белгілі бір міндеттерді орындауға даярлығы мен қабілеті. Ол жеке тұлғаның танымға, ойлауға және әрекетке қатысын, белгілі мәселелерді ұсынып, шешім жасауға, оның барысы мен нәтижелерін талдауға, ұдайы түрде ұтымды түзетулер енгізіп отыруға деген икемділігінің белсенділігінен көрінеді. Жоғары оқу орындарында құзіреттілік бірінші орынға білімгердің ақпаратты сауаттылығын емес, оның мәселені дұрыс шеше білу қабілетін қояды. Қазақстан Республикасының жоғары білім берудің мемлекеттік жалпыға міндетті

стандартында «білім алушылардың даярлық деңгейіне қойылатын талаптар» деген бөлімде оқытудан күтілетін нәтижелер Дублин дескрипторларының бірінші деңгейі (бакалавриат) негізінде анықталады және құзыреттілік арқылы көрінеді [2]. Аталған дескрипторларға сәйкес физикалық мамандықтардағы зерттеу құзіреттілігін қалыптастырудың құрылымы 1-суретте келтірілген.

Осыған сәйкес, зерттеу құзіреттілігін қалыптастыру – күрделі көп дейгейлі динамикалық процесс. Жалпы жағдайда, біз зерттеу құзіреттілігін ғылыми білімдердің, құралдар мен әдістердің болашақ маманға қажетті тұлғалық және кәсіби қасиеттердің интегралдық сипаттамасы ретінде қарастырамыз [3].

Білімгерлер физика курсы бойынша білім беру мазмұнын адамзат қызметінің әр түрлі саласында қолдана алуы үшін теориялық және практикалық білімдерді органикалық үйлестіре алуы қажет. Физикалық тәжірибелерді орындағанда білімгерлердің дағдыларын дамыту және қазіргі заманғы техникада қолданылатын физиканың ең маңызды жетістіктерін таныстыру үшін зертханалық жұмыстардың жасалуы маңызды.

Зерттеу құзіреттілігі, оның құраушылары мен құрылымдық элементтері түсінігінің, зерттеу құзіреттілігі мен зерттеу біліктіліктерінің ғылыми зерттеудің әдістемесімен объективті байланысының сараптамасы негізінде төмендегідей қорытынды жасауға болады: білімгерлердің физика пәні бойынша зерттеу құзіреттілігінің негізгі құрылымдық элементі ретінде ғылыми зерттеудің әдістемесімен анықталатын кезеңдерге сәйкес ғылыми немесе оқу зерттеу жұмысын жасауға дайын және қабілетті болуы жатады.

Қабілеттілік

- дамушы физикалық білімдер мен түсініктерді, ғылыми-зерттеу әрекетінің принциптері, формалары мен әдістері туралы білімдерді көрсете алу;
- меңгерілетін физикалық пәндердің құрылымынан ғылыми және оқу зерттеуі үшін қажеттіні сұрыптап алу;
- теориялық немесе эмпирикалық деңгейдегі зерттеу арқылы мәселені қалыптастыру және оның зерттелетін саламен байланысты пәнаралық облыста шешімін табу.

Біліктілік

- танымның ғылыми әдістерін кәсіби қызметінде пайдалана алу;
- белгіленген физикалық жағдайды теориялық немесе эксперименттік зерттеудің міндетері мен критерийлерін құрастыру;
- зерттеуді жоспарлау барысында концепцияларды, теориялар мен физикалық құбылыстарды зерттеудің жолдарын критикалық сараптау;

Дайындылық

- зерттеуді дайындау барысында теориялық материалды меңгеру және сараптау, сонымен қатар эксперименттік зерттеуге қажетті жағдайды дайындау;
- ақпараттық-сараптамалық, ақпараттық-библиографиялық жұмысқа және жаңа ақпараттық технологияларды қолдана отырып эксперименттік-зерттеу жұмыстарының нәтижелерін жалпылауға дайын болу;
- қажетті эмпирикалық және теориялық физикалық зерттеу әдістерін толық көлемде орындау, алынған нәтижелерді талдап, сараптау.

Сурет 1. Зерттеу құзіреттілігі құрылымының моделі

Физиканы оқыту барысында білімгерлердің зерттеушілік құзіреттілігінің қалыптасуының әдістемелік жүйесі бес құраушыдан тұрады:

1. Жүйенің басты элементі оның мақсаты: физиканы оқыту барысында білімгерлердің зерттеушілік құзіретін қалыптастыру;

2. Құрастырылатын әдістемелік жүйенің мазмұнына:

– *Түсініктер* – ғылыми зерттеу, ғылыми зерттеу әрекеті, зерттеушілік біліктер, зерттеушілік құзіреті, физикалық жағдай, жалпыланған физикалық жағдай, ғылыми зерттеу әдіснамасы, ғылыми зерттеудің кезеңдері.

– *Бейнелер* – физикалық жағдайлардың, объектілердің, құбылыстардың, түсініктердің және т.б. бейнелері.

– *Операциялар(әрекеттер)* – ғылыми жоба ретінде эмпирикалық немесе теориялық деңгейдегі физикалық зерттеулерді орындау, арнайы белгіленген теориялық материалды зерттеу, белгіленген физикалық жағдайды эксперимент әдістерімен шешу мәселелері енеді.

3. Әдістемелік жүйедегі оқыту (оқу әрекетінің) формалары:

– *Дәрістер* – теориялық материалды баяндау, физикалық жағдайды белгілеу, зерттеу мәселелерін анықтау.

– Есептер шығару бойынша жүргізілетін семинар және практикалық сабақтар – стандартты есептерді шығару, физикалық міндеттерді құрастыру, физикалық есептер жүйесін құрастыру.

– *Зертханалық жұмыстар* – стандартты зертханалық жұмыстарды орындау, субъективті жаңа білім алу үшін физикалық жағдайды зерттеу, зерттеу нәтижелерін талдау.

– *Білімгерлердің өзіндік жұмыстары* – теориялық және эмпирикалық деңгейдегі зерттеу жұмыстарын орындау: жеке, жұптасып немесе топтық, зерттеулер бойынша курстық жұмыстарды орындау, ғылыми зерттеу деңгейінде түлектік жұмысты жасау.

4. Оқыту (оқу әрекетінің) әдістері:

– *Оқудың теориялық әдістері* – ойлау операциялары: анализ және синтез, салыстыру, абстрактілеу, нақтылау, жалпылау, индукция және дедукция, идеализация, аналогия, моделдеу, ойша эксперимент.

– *Оқудың теориялық әдістері* – танымдық әрекеттер: тәжірибеде тексерілген ғылыми теориялар, дәлелдеулер, дедуктивті (аксиоматикалық) әдіс, индуктивті-дедуктивті әдіс, келіспеушіліктерді анықтау және шешу әдісі, мәселені анықтау, гипотезаларды құрастыру.

– *Эмпирикалық әдістер* – оқу операциялары: әдебиеттерді меңгеру, бақылау, өлшеу, тәжірибелерді орындау, моделдеу, компьютерлік экспериментті жасау, интернет желісін пайдалану.

– *Эмпирикалық әдістер* – оқыту операциялары: түсіндірмелі-бейнелік, репродуктивті, мәселелік оқыту, зерттеушілік оқыту.

5. Оқыту (оқудың, ғылыми зерттеу әрекетінің) құралдары:

– *Оқытудың материалдық құралдары* – оқу құралдары, мақалалар, монографиялар, физикалық есептер жинағы, зертханалық жұмыстың сипаттамасы, электрондық құралдар, эксперимент қондырғылары.

– *Оқытудың математикалық және ақпараттық құралдары* – математикалық анализ, ықтималдық теориясы мен математикалық статистика, компьютер және эксперимент қондырғыларын компьютермен байланыстыратын интерфейс жүйесі, компьютерлік программалар мен интернет желісі, кітапханалардың, ғылыми орталықтардың мәліметтер базасы.

– *Оқытуды бақылау және диагностика:*

– *Өзіндік бақылау* – теориялық және эмпирикалық деңгейдегі нәтижелерге өзіндік бақылау жүргізу, білімгерлердің өзіндік жұмысы ретінде білімгерлердің шағын тобының зерттеуін өзіндік бақылау. *Оқытушының бақылауы* – білімгерлердің өзіндік жұмысын ұйымдастыру барысында, теориялық материалды талқылауда, білімгерлердің эксперименттік жұмысын ағымды және қорытынды бақылау.

– *Сараптама баға* – білімгерлердің семинарларда, курстық және түлектік жұмысын қорғауы кезінде, ғылыми конференцияларда баяндама жасауы, жинақтар мен журналдарға тезис пен мақала жариялауы. *Диагностика* – зерттеу жұмысын орындау диагностикасының талаптарына үш деңгейді жатқызуға болады: жеткілікті, орта және жоғары [4]. Физика бойынша білімгерлердің зерттеушілік құзіреттілігінің қалыптасуының аталған әдістемелік жүйесінде зертханалық жұмыстардың орындалуы маңызды роль атқарады. Әрбір зертханалық жұмысқа әдістемелік нұсқаулықтар жасалады және оны орындау үшін білімгер жұмыс барысын ұйымдастырып, қажетті тәжірибелік қондырғыларды қолдана отырып зерттеу әдістемесін таңдауды және ғылыми есеп дайындауды үйренуі керек.

Молекулалық физика пәні бойынша орындалатын «Ауаның тұтқырлық коэффициентін капиллярлық әдіспен анықтау» зертханалық жұмысын қарастырайық.

Жұмыстың мақсаты: ауаның ішкі үйкелісін газдардағы тасымалдау құбылысы ретінде зерттеу. Жұмыстың мақсатына сәйкес зертханалық жұмысты орындау барысында білімгер келесі әрекеттерді

орындайды: жұмыстың теориялық бөлігін меңгереді; тәжірибелік қондырғының дайындығын тексереді; реометрдің көрсетуі арқылы ауаның көлемдік шығынының мәнін анықтайды; монометрдегі қысым өзгерісін өлшейді; өлшеу нәтижелерін кестеге тіркеп отырады; әрбір өлшем үшін Пуазейль формуласы арқылы ауаның үйкеліс коэффициентін анықтап, өлшеу нәтижесінің қателігін бағалайды.

Аталған жұмысты орындау барысында білімгерлерде тасымалдау құбылыстары тақырыбы бойынша негізгі түсініктер мен заңдарды білу; зертханалық жұмысты жасау алдында қажетті ғылыми әдебиеттермен жұмыс жасай алу; зерттеу міндеттерін шеше алу; зерттеу кезеңдерін дұрыс орындау; тәжірибелік қондырғылармен өздігінен жұмыс жасай алу; зерттеу нәтижелерін талдау және қорғай алу құзіреттіліктері қалыптасады.

Сонымен, зерттеу жұмысын орындау бойынша білімгерлердің әрекеті зерттеуді құрастыру, технологиялық дайындық, зерттеуді орындау, нәтижелерді талдау және өзіндік әрекеттің рефлексиясы кезеңдеріне сәйкес келеді; аталған кезеңдер ғылыми-зерттеу әрекетін ұйымдастырудың әдістемелік сұлбасына негізделген. Сондықтан білімгерлерде зерттеу құзіреттілін қалыптастыру мәселесі зертханалық жұмыстардың сапалы орындалуымен тікелей байланысты.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. ҚР Президентінің «Қазақстан-2050» стратегиясы қалыптасқан мемлекеттің жаңа саяси бағыты» атты Қазақстан халқына Жолдауы.
2. Государственный общеобязательный стандарт высшего и послевузовского образования. Утв. постановлением Правительства РК от 23 августа 2012 года № 1080.
3. Молдабекова М.С., Абдулаева А.Б. Формирование исследовательской компетентности обучающихся при исследовании диффузионного смешения газов //Материалы Международной студенческой научно-практической конференции «Молодежь. Наука. Будущее». - Оренбург, 2016 г. – С. 10-12.
4. Молдабекова М.С. Развитие исследовательской компетентности обучающихся по физике при решении профессиональных задач //Вестник. Сер. «Физико-математические науки». - Алматы: КазНПУ им. Абая, 2015. - №3(51). - С.178-183.

УДК 539.3

ГРНТИ 27.35.31; 30.19.15

Н.К. Аширбаев¹, Т.С. Султанбек², Ж.Каратаев³, Ш.Е. Алтынбеков⁴

*¹д.ф.-м.н., профессор Южно-Казахстанского государственного университета им. М.Ауэзова,
г. Шымкент, Казахстан*

*^{2,3}к.ф.-м.н., доцент Южно-Казахстанского государственного университета им. Ауэзова,
г. Шымкент, Казахстан*

*⁴старший преподаватель Южно-Казахстанского государственного университета им. М.Ауэзова,
г. Шымкент, Казахстан*

ОСОБЕННОСТИ ВОЛНОВОГО ПОЛЯ В ПЛОСКОМ ТЕЛЕ С СИММЕТРИЧНО-РАСПОЛОЖЕННЫМ ПРЯМОУГОЛЬНЫМ ВЫРЕЗОМ

Аннотация

Работа посвящена обобщению разностного метода пространственных характеристик на случай плоской задачи о распространении волн в прямоугольной области конечных размеров с симметрично-расположенным прямоугольным вырезом на боковых границах. На основе разработанной в работе численной методики, получены расчетные конечно – разностные соотношения динамических задач в угловых точках прямоугольного выреза, где нарушается «привычная» для динамических задач гладкость функций. В этих угловых точках первые и вторые производные искомым функций терпят разрыв первого рода. Результаты исследования доведены до численного решения. Исследован эффект концентрации напряжений в окрестности выреза и показано, что влияние вырезана распределение скоростей частиц, на распределение напряжений имеет локальный характер.

Ключевые слова: упругая, волновой процесс, напряжение, скорость, разрыв, численное решение.

Аңдатпа

Н.Қ. Әшірбаев¹, Т.С. Сұлтанбек², Ж. Қаратаев³, Ш.Е. Алтынбеков⁴

БҮЙІР ШЕКАРАЛЫҚ ҚАБЫРҒАЛАРЫНДА СИММЕТРИЯЛЫ ОРНАЛАСҚАН ТІКТӨРТБҰРЫШТЫ ТІЛКІТЕРІ БАР ЖАЗЫҚ ДЕНЕДЕГІ ТОЛҚЫНДЫҚ ӨРИСТІҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

¹ф.-м.ғ.д., М.Әуезов атындағы ОҚМУ-нің профессоры, Шымкент қ., Қазақстан

^{2,3}ф.-м.ғ.к., М.Әуезов атындағы ОҚМУ-нің доценті, Шымкент қ., Қазақстан

⁴М.Әуезов атындағы ОҚМУ-нің аға оқытушысы, Шымкент қ., Қазақстан

Жұмыс бүйір шекаралық қабырғаларында симметриялы орналасқан тіктөртбұрышты тіліктері бар тіктөртбұрышты денедегі толқындардың таралу есебін шешуге кеңістіктік сипаттамалар айырымдық әдісін жалпылауға арналған. Жұмыста жалпыланған сандық әдістің көмегімен динамикалық есептер үшін «әдеттегі» тегістігі бұзылатын тіктөртбұрышты тіліктің бұрыштық нүктелерінде ізделінді функцияларды табуға арналған есептеу қатынастары алынды. Бұл бұрыштық нүктелерде ізделінді функциялардың бірінші және екінші ретті туындылары бірінші текті үзілісті. Зерттеу нәтижесі сандық шешім алынғанға дейін жүргізілді. Тік бұрышты тіліктің бұрыштық нүктелерінің маңайында кернеуліктің динамикалық концентрациясы зерттелді және тіліктің жылдамдық пен кернеудің таралуына жергілікті түрде әсері бар екендігі көрсетілді.

Түйінді сөздер: серпімді, толқындық процесс, кернеу, жылдамдық, үзілісті, сандық шешім,

Abstract

Ashirbayev N.K.¹, Sultanbek T.S.², Karatayev Zh.³, Altynbekov Sh.Y.⁴

¹Dr. Sci. (Phys.-Math), Professor of M.Auezov SouthKazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

^{2,3}Cand. Sci. (Phys.-Math), Assoc.Prof. of M.Auezov SouthKazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

⁴Senior Lecturer of M.Auezov SouthKazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

FEATURES OF THE WAVE FIELD IN A FLAT BODY WITH SYMMETRICALLY ARRANGED RECTANGULAR CUTOUT

The work is devoted to the generalization of different methods of spatial characteristics in the case of two-dimensional problem of wave distribution in a rectangular region of finite size with symmetrical rectangular cut out on the lateral boundaries. On the basis of developed numerical methods in this work are obtained calculational finite difference relations of dynamic problems in angular points of rectangular cut outs where the smooth function which is habitual for dynamic problems is fractured. In this angular corner, the first and the second derivatives of the required function suffer the first kind abruption, the research are escalated to the computational solution. The effect of intensity concentration in the vicinity of cut-out is revealed and the cut-out impact on distribution of particle speed and on intensity distribution carries a local character.

Keywords: elastic, wave process, intensity, speed, abruption, computational solution.

Прогнозирование динамических волновых процессов в твердых телах конечных размеров с учетом ряда ослабляющих факторов (разрывы в граничных условиях, отверстия, полости, вырезы и т.д.) путем математического моделирования с целью определения характера возможных повреждений представляет помимо чисто научного интереса, важное прикладное значение, определяемое запросами инженерной практики.

Для большинства конструкций, применяемых в строительстве, машиностроении и других отраслях техники характерно наличие различных нарушений сплошности в виде отверстий, выточек, пазов, выступов и т.п., обусловленных либо технологией изготовления, либо эксплуатационными требованиями. Возле таких несплошностей возникает, как известно, явление местного искажения напряжений и деформаций, называемое обычно концентрацией напряжений. Эти эффекты вносят существенное изменение в «средние» напряжения и нередко являются причиной разрушения. На качественные и количественные эффекты концентрации напряжений влияют разнообразные причины, связанные с геометрией концентратора, видом воздействия, реальными свойствами материала. Поэтому проблеме концентраций напряжений уделяется в современной технике огромное внимание, что нашло отражение в практически необозримом количестве отечественных и зарубежных исследований, а также специальных монографиях и справочных руководствах. В целом, количество работ, посвященных динамическим задачам с учетом ряда ослабляющих факторов, очень невелико, в них рассматриваются далеко не все аспекты их работоспособности в условиях действия нестационарных внешних нагрузок [1-6]. Однако интерес к этим проблемам, обусловленный, в первую очередь, важностью решения сложных практических задач, велик, и дальнейшее совершенствование численных методов в различных модификациях с использованием все более совершенной электронно-вычислительной техники должно привести к существенному развитию данного направления.

Постановка задачи. Найти функции v_1, v_2, p, q, τ , которые в прямоугольной полосе $0 \leq x_1 \leq l$, $-L \leq x_2 \leq L$ с симметрично-расположенным прямоугольным вырезом на боковых границах (рисунок 1) удовлетворяют уравнениям [7]:

$$v_{1,t} - p_{,1} - q_{,1} - \tau_{,2} = 0; v_{2,t} - p_{,2} + q_{,2} - \tau_{,1} = 0; (1)$$

$$\gamma^2 (\gamma^2 - 1)^{-1} p_{,t} - v_{1,1} - v_{2,2} = 0; \gamma^2 q_{,t} - v_{1,1} + v_{2,2} = 0;$$

$$\gamma^2 \tau_{,t} - v_{1,2} - v_{2,1} = 0,$$

начальным условиям при $t = 0$

$$v_1(x_1; x_2; 0) = v_2(x_1; x_2; 0) = p(x_1; x_2; 0) = q(x_1; x_2; 0) = \tau(x_1; x_2; 0) = 0 \quad (2)$$

и следующим граничным условиям для $t \geq 0$:

$$v_1 = f(t), v_2 = 0 \text{ при } x_1 = 0, -L \leq x_2 \leq L, \quad (3)$$

$$p - q = 0, \tau = 0 \text{ при } |x_2| = L, 0 \leq x_1 \leq x_1^0 \text{ и } x_1^1 \leq x_1 \leq l \quad (4)$$

$$p + q = 0, \tau = 0 \text{ при } x_1 = x_1^0, x_2^1 \leq |x_2| \leq L \text{ и при } x_1 = x_1^1, x_2^1 \leq |x_2| \leq L, \quad (5)$$

$$p - q = 0, \tau = 0 \text{ при } |x_2| = x_2^1, x_0^1 \leq x_1 \leq x_1^1 \quad (6)$$

$$v_1 = v_2 = 0 \text{ при } x_1 = l, |x_2| \leq L. \quad (7)$$

Здесь $f(t)$ – заданная функция, изменяющаяся во времени по закону непрерывно дифференцируемой функции, которая в начале монотонно возрастает до максимального значения $f(t_0)$, а затем монотонно убывает; x_0^1, x_1^1, x_2^1 постоянные числа, определяющие размеры выреза. Нулевые начальные условия (2) означают, что прямоугольная полоса симметрично-расположенным прямоугольным вырезом на боковых границах до момента времени $t \leq 0$ находится в невозмущенном состоянии. Граничное условие (3) – задание нормальной компоненты скорости частицы отсутствие касательной компоненты скорости частиц на границе $x_1 = 0$ полосы для всех моментов времени. Граничные условия (4) означают, что соответствующие точки границы $|x_2| = L$ ($0 \leq x_1 \leq x_1^0$ и $x_1^1 \leq x_1 \leq l$) свободны от напряжений для всех моментов времени. Граничные условия (5) – (6) означают, что контур прямоугольного выреза свободен от напряжений. Граничные условия (7) соответствуют условиям жесткого закрепления тыльной части границы $x_1 = l$.

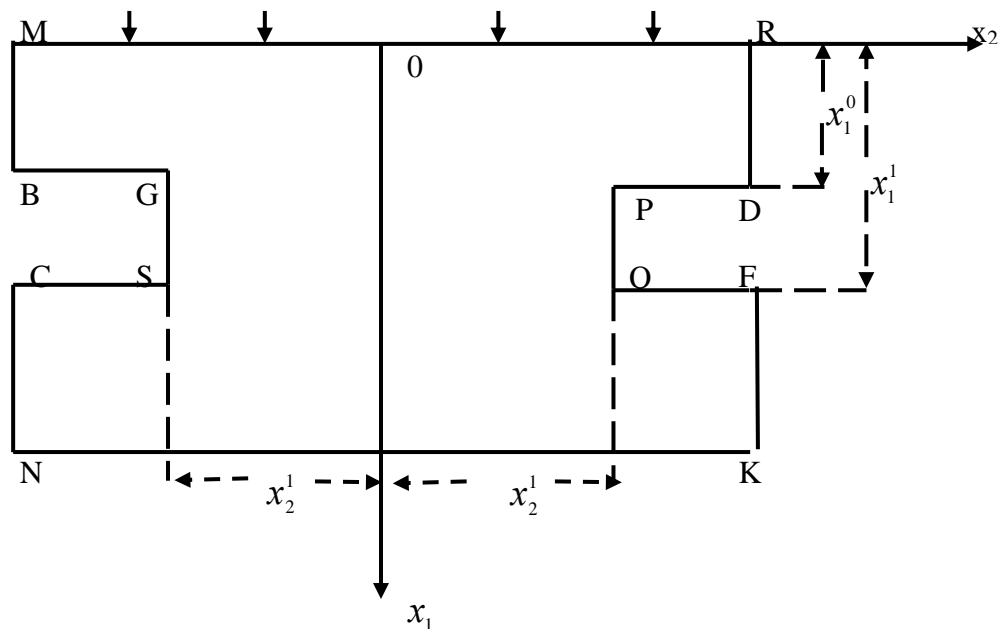


Рисунок 1. Исследуемая область

Задача заключается в определении внутри прямоугольной области с симметрично-расположенным прямоугольным вырезом на боковых границах полей напряжений и скоростей, вызванных фронтами падающих и многократно дифрагированных упругих волн в момент времени $t > 0$.

Решение системы уравнений (1) при начальных (2) и граничных (3) – (7) условиях отыскивается

методом пространственных характеристик в узловых точках, на которые разбивается вся исследуемая область [7]. Особенностью рассмотренного тела с вырезом является то, что в угловых точках прямоугольного выреза (рисунок 1) нарушается «привычная» для динамических задач гладкость функций, т.е. в этих точках первые и вторые производные искомых функций терпят разрыв первого рода. Поэтому они рассматриваются как обычные угловые точки прямоугольного выреза и метод, разработанный в [8], обобщен для получения разрешающих уравнений в этих особых точках. При построении численного решения для задачи (2)–(7) предполагается, что граница полосы и контур прямоугольных вырезов совпадают с линией узлов квадратной сетки, которая покрывает исследуемую область.

Анализ результатов расчета. Поставленная задача была реализована на быстродействующем персональном компьютере для прямоугольной области $0 \leq x_1 \leq 50 \cdot h$, $|x_2| \leq 50 \cdot h$ с симметрично-расположенным боковым вырезом при следующих значениях исходных данных:

$$f(t) = A \cdot t \cdot e^{-st}, A=1, s=0.2, k=0.05, h=0.1, v=0.3, \gamma=1.87,$$

$$x_1^0 = 20 \cdot h, x_1^1 = 30 \cdot h, |x_2^1| = A_i \cdot h$$

(рассмотрены 3 варианта выреза, отличающиеся глубиной: $A_1 = 30$, $A_2 = 40$, $A_3 = 48$). Для сравнения расчет был проведен и для однородной изотропной полосы без выреза с теми же граничными условиями. При анализе результатов расчета использовалось свойство симметрии задачи относительно оси $x_2 = 0$, в точках которой $v_2 = \tau = 0$. Поэтому полученные результаты представлены только для положительных значений x_2 ($x_2 \geq 0$).

Полученные результаты показывают, что влияние прямоугольного выреза на распространение скоростей перемещений, напряжений в рассматриваемой области имеет локальный характер и по мере удаления от выреза влияние его постепенно уменьшается.

На рисунках 2–3 приведены распределения продольных скоростей частиц v_1 по координатам x_1/h и x_2/h в моментах времени $t = 150 \cdot k$, $t = 200 \cdot k$ для случая $A_1 = 30$.

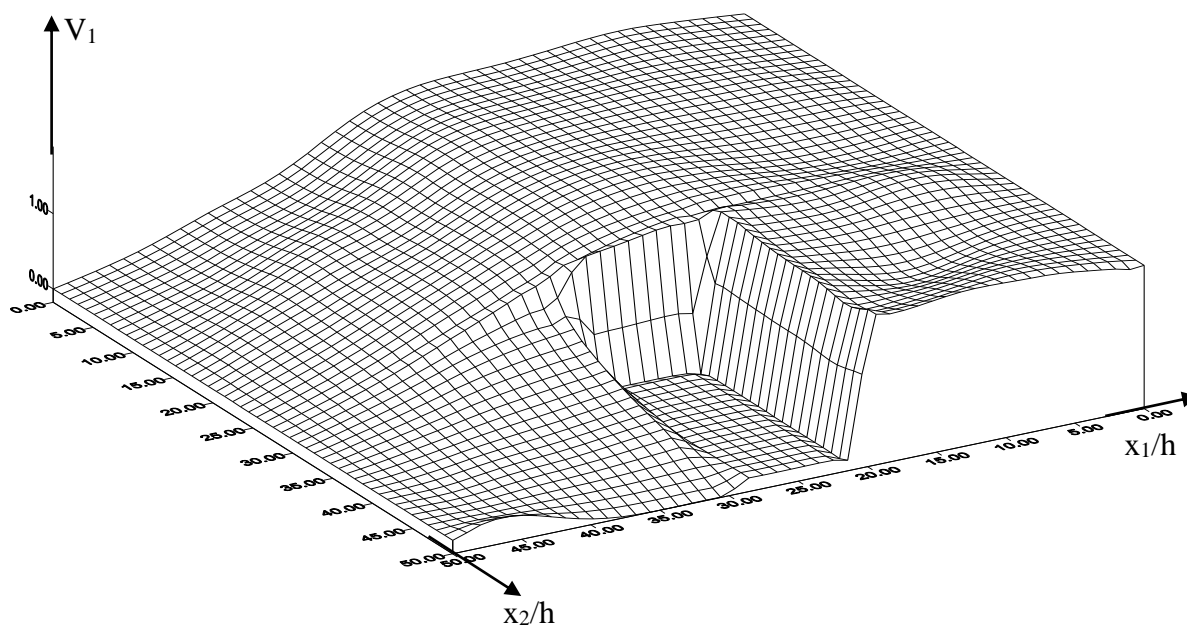


Рисунок 2. Распределение продольных скоростей перемещений v_1 по координатам x_1/h и x_2/h в момент времени $t = 150 \cdot k$

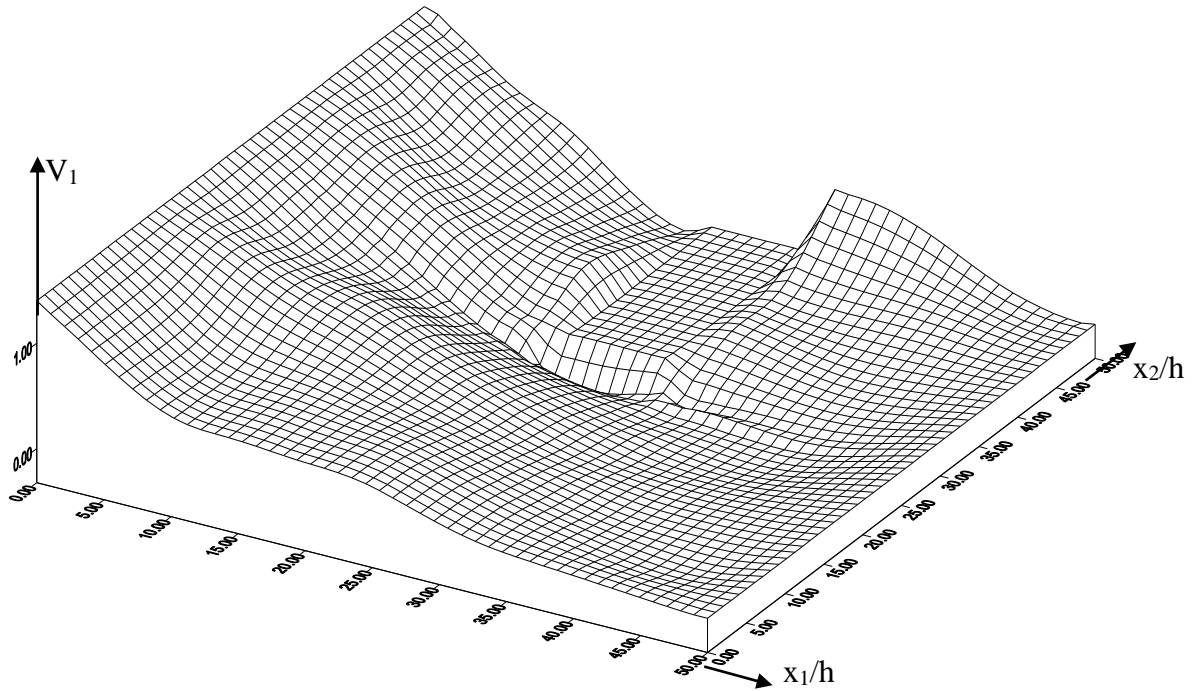


Рисунок 3. Распределение продольных скоростей перемещений v_1 по координатам x_1/h и x_2/h в момент времени $t = 200 \cdot k$

В момент времени $t = 150 \cdot k$ продольная скорость перемещения v_1 с приближением по оси x_1/h к свободной поверхности выреза ($x_1 = x_1^0, x_2^1 \leq x_2 \leq 50 \cdot h$) заметно вырастает. С увеличением времени ($t = 200 \cdot k$) наблюдается некоторое перераспределение продольных скоростей перемещений: в области перед вырезом ($0 \leq x_1 \leq 20 \cdot h, 30 \cdot h \leq x_2 \leq 50 \cdot h$) - скорости перемещений несколько уменьшаются и наблюдаются возмущения в области за вырезом $30 \cdot h \leq x_1 \leq 50 \cdot h, 30 \cdot h \leq x_2 \leq 50 \cdot h$. Отмечающиеся флуктуации продольных скоростей перемещений v_1 вблизи угловых точек (P, Q) выреза обусловлены, по-видимому, влиянием дифрагированных волн на продольные скорости перемещений. Для других размеров выреза ($A_2 = 40, A_3 = 48$) указанные эффекты так же имеют место. Однако они наблюдаются в другие моменты времени.

Изменение касательного напряжения τ по x_2/h в сечениях $x_1 = 0 \cdot h$ (1), $x_1 = 10 \cdot h$ (2), $x_1 = 25 \cdot h$ (3), $x_1 = 40 \cdot h$ (4), $x_1 = 50 \cdot h$ (5) представлено на рисунке 4 для момента времени $t = 200 \cdot k$ (для случая $A_1 = 30$). Пунктирными кривыми отмечены касательные напряжения τ , возникающие в однородной изотропной полосе без выреза в тех же сечениях. Скачкообразное изменение касательного напряжения τ в области сечения $x_2 = 30 \cdot h$ объясняется влиянием волн дифракции, исходящих от угловых точек (P, Q) выреза, а для

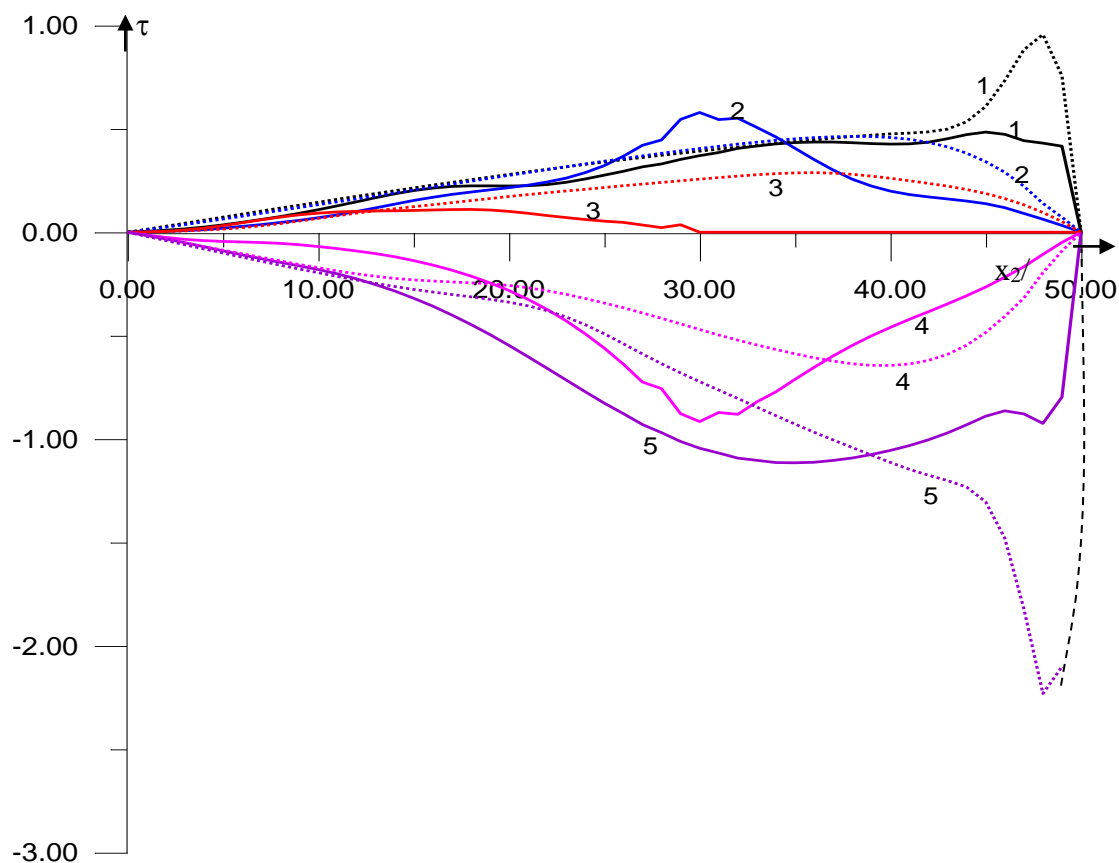


Рисунок 4. Распределение касательного напряжения τ по x_2/h в сечениях $x_1 = 0 \cdot h$ (1), $x_1 = 10 \cdot h$ (2), $x_1 = 25 \cdot h$ (3), $x_1 = 40 \cdot h$ (4), $x_1 = 50 \cdot h$ (5) в момент времени $t = 200 \cdot k$

области без выреза оно возникает в окрестности свободной поверхности RK полосы. Внутри области вдали от выреза изменения функции τ носит плавный характер. Величины касательных напряжений τ в областях ($0 \leq x_1 \leq 20 \cdot h$, $30 \cdot h \leq x_2 \leq 50 \cdot h$, $30 \cdot h \leq x_1 \leq 50 \cdot h$) из-за интерференции дифрагированных волн от угловых точек полосы и выреза резко падают. С ростом глубины выреза, описанные эффекты влияния его на касательное напряжение τ , проявляются более четко. Распределение касательных напряжений τ в сечении $x_1 = 25 \cdot h$ (3) обусловлено интерференцией дифрагированных волн, исходящих от угловых точек R и K для полосы без выреза и угловых точек P и Q для области с вырезом. На уровень касательных напряжений τ оказывают влияния и свободные поверхности (RK , PQ). Касательное напряжение τ по абсолютной величине в районе жесткой заделки ($x_1 = 50 \cdot h$ (5)) превышает значения напряжений в остальных сечениях.

Разработанная математическая модель решения плоских динамических задач теории упругости может быть использована для анализа распространения динамических возмущений в полосе с прямоугольным поперечным сечением конечного размера и вырезом сложной геометрической формы. Кроме выявленных и обсужденных физических явлений полученные результаты демонстрируют эффективность разработанных расчетных алгоритмов.

Список использованной литературы:

1. Фриштер Л.Ю. О возможностях исследования методом фотоупругости концентрации напряжений в зоне резкого изменения формы конструкции // Труды международной научно-практической конференции «Инженерные системы – 2011». - М.: РУДН, 2011. – С.3-9.
2. Горбачев В.И., Гадиев Р.Р. Концентрация напряжений в упругих телах с множественными концентраторами // Вестник МГУ, серия Математика. Механика. – 2014. – №6. – С.46-50
3. Ashirbayev N.K., Ashirbayeva Zh.N. Influence of boundary conditions on 2D wave propagation in a rectangle // Journal of Mathematics and Applications. – 2013. – Vol.36. – P.27-33.

4. Кукуджанов К.В., Левитин А.Л. Процессы деформирования упругопластического материала с дефектами при электродинамическом нагружении// Вестник ПНИПУ. Механика. – 2015.– №1.– С.106–120. – DOI: 10.15593/pern.mech/2015.1.07.

5. Alexeeva L.A., Sarsenov B.T. Mathematical model of massive dynamics in the neighborhood of disturbance focus //AIP Conference Proceedings. – 2015. – DOI: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4930481>.

6. Ashirbayev N., Ashirbayeva Zh., Sultanbek T., and Bekmoldayeva R. Modeling and solving the two-dimensional non-stationary problem in an elastic body with a rectangular hole// AIP Conference Proceedings. – 2016.–V. 1759, 020078, <http://dx.doi.org/10.1063/1.4959692>.

7. Clifton R.J. A difference method for plane problems in dynamic elasticity, *Quart. Appl. Math.*, 1967, Vol. 25, No.1, p. 97-116.

8. Аширбаев Н.К. Нысанов Е.А., Аширбаева Ж.Н. Особенности распространения динамических возмущений в упругом теле с отверстием// Научный журнал Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. –2015. –№2(105). –часть 1. –С.31-36.

УДК 539.17.01
ГРНТИ 29.15.19

Г.А. Баимбетова¹, А.А. Кабулов², А.Б. Кабулов³, С.С. Омирбаева⁴

¹к.ф.-м.н., старший преподаватель КазНПУ им. Абая, г. Алматы, Казахстан

²магистр Института Математики, физики и информатики при КазНПУ им. Абая, г. Алматы, Казахстан

³д.ф.-м.н., профессор Института Математики, физики и информатики при КазНПУ им. Абая, г. Алматы, Казахстан

⁴магистрант специальности «Физика» КазНПУ им. Абая, г. Алматы, Казахстан

КОЛЛЕКТИВНЫЕ И КЛАСТЕРНЫЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ В ²⁰Ne

Аннотация

На основе бозонной модели изучается структура возбужденных состояний в атомном ядре ²⁰Ne. Ираст состояния и полоса уровней положительной четности интерпретированы как квадрупольные коллективные возбуждения. Две нечетные α -кластерные полосы описаны как результат корреляции вращательного коллективного и кластерного движений. Построение теории основано на редукции групп Ли. Проведено сравнение результатов модельных расчетов с данными эксперимента. Получены параметры теории, оптимально описывающие опытные данные. Обсуждаются перспективы исследований в этом направлении.

Ключевые слова: атомное ядро, структура ядра, нуклон, кластер, бозон, фермион, гамильтониан, группа, редукция, алгебра Ли, оператор Казимира, квадруполь, спин ядра, корреляция, бозонная модель.

Аңдатпа

Г.А. Баимбетова¹, А.А. Кабулов², А.Б. Кабулов³, С.С. Омирбаева⁴

¹ ф.-м.г.к., Абай атындағы ҚазҰПУ-нің аға оқытушысы, Алматы қ., Қазақстан

² Абай атындағы ҚазҰПУ, Математика, физика және информатика институтының магистрі, Алматы қ., Қазақстан

³ ф.-м.г.д., Абай атындағы ҚазҰПУ, Математика, физика және информатика институтының профессоры, Алматы қ., Қазақстан

⁴ Абай атындағы ҚазҰПУ, «Физика» мамандығының магистранты, Алматы қ., Қазақстан

²⁰NE АТОМ ЯДРОСЫНДАҒЫ ҰЖЫМДЫҚ ЖӘНЕ КЛАСТЕРЛІК ҚОЗДЫРУЛАР

Бозондық теорияның көлемінде ²⁰Ne атом ядросының козуларының құрылымы зерттелінеді. Ираст және жұптылығы оң деңгейлердің жолақтары квадрупольдық ұжымдық козулар болып анықталынды. Жұптылықтары теріс екі α -кластерлік жолақтар ұжымдық және кластерлік қозғалыстарының корреляциясының нәтижесі ретінде көрсетілген. Қолданған бозондық теорияның негіздері Ли топтарының редукциялануына сүйенген. Теориялық модель есептері тәжірибе нәтижелерімен салыстырылған. Эксперимент мәліметтерін үйлесімді сипаттайтын теорияның параметрлері келтірілген. Осы бағыттағы зерттеулердің болашағы талқыланды.

Түйінді сөздер: атомдық ядро, ядроның құрылымы, нуклон, кластер, бозон, фермион, гамильтониан, топ, редукция, Ли алгебрасы, Казимир операторы, квадруполь, ядроның спині, корреляция, бозондық модель.

Abstract

Bayimbetova G.A.¹, Kabulov A.A.², Kabulov A.B.³, Omirbayeva S.S.⁴

¹Cand. Sci.(Phys.-Math), Senior Lecturer, Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

²Master degree, Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

³Dr. Sci. (Phys.-Math), professor of the Institute of Mathematics, Physics and Informatics at Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

⁴Student of Master Programme in Physics, Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

COLLECTIVE AND CLUSTER EXCITATIONS IN ²⁰Ne

It is investigated in the frame of boson model the structure of excitational states in atomic nucleus ²⁰Ne. Yrast states and the band of even levels are determined how quadrupole collective excitations. Two odd α -clustering bands are described how the result from the correlation of rotational collective and clustering motions. The theory is constructed in the frame reductions of Li groups. It is carried out the comparison theoretical calculations with experimental dates. They are found optimum parameters of the theory. They are discussed perspectives of investigations in this direction.

Keywords: atomic nucleus, the structure of the nucleus, nucleon, cluster, boson, fermion, Hamiltonian, group, reduction, Li algebra, Casimir operator, quadrupole, spin nucleus, correlation, boson model.

Феноменологические алгебраические модели успешно описывают коллективные и кластерные движения в атомных ядрах. Кор плюс α -частичные молекулярные возбуждения атомных ядер являются особой формой ядерной коллективизации. Бозонная модель и развитые ею варианты стали хорошим инструментом для решения этой проблемы как для легких так и для тяжелых ядер. В данной работе мы представляем расчеты, в которых методы динамической симметрии успешно описывают основные наблюдаемые на опыте возбужденные состояния ядра атома ²⁰Ne.

Как известно, атомные ядра проявляют различные формы коллективного движения. Хорошо известный пример – это коллективная мода, возникающая из движения валентных нуклонов. На языке бозонной теории такая коллективная мода описывается посредством s -, d -бозонов. Эти бозоны можно считать образами спаренных нуклонов в состояниях $j^{-\pi} = 0^+, 2^+$.

Другой важной формой коллективного движения в ядрах является кластерная мода. В этом случае группа нуклонов образует кластер, движущийся относительно оставшейся части ядра. Такой тип коллективного движения, кластерного, осуществляются в области как легких ядер ($A \leq 40$), так и тяжелых.

В случае кластеризации нуклонов в атомном ядре коллективная переменная в низшем порядке будет иметь дипольный характер. Алгебраическое описание кластерного движения включает введение векторного бозона, т.е. кластерные состояния генерируются посредством бозонов скалярного $j^{\pi} = 0^+$ и векторного $j^{\pi} = 1^{-}$ типов.

В ряде легких ядер, например, ¹⁶O и ²⁰Ne, α -кластерные состояния проявляют специфическую структуру. Они образуют чередующиеся ротационные полосы.

Этим ядрам был посвящен ряд теоретических работ, в которых предлагаются различные модели для описания этой структуры. Среди них простые – типа поверхностной потенциальной ямы [1, 2] и достаточно сложные, такие, как, например, микроскопические расчеты, а также вычисления в рамках метода резонирующих групп [3, 4]. Почти все предложенные модели в той или иной степени отражают имеющуюся экспериментальную информацию о α -кластерной структуре ¹⁶O и ²⁰Ne.

Тем не менее детальное сравнение результатов вычислений с экспериментом не позволило авторам сделать убедительного вывода о количественном согласии, поскольку точность расчета невелика, а классификация уровней по нескольким ротационным полосам достаточно произвольна. Поэтому необходимо развитие теории для описания ротационной структуры состояний указанных ядер.

В энергетическом спектре ядра атома ²⁰Ne наблюдаются четыре ротационные полосы: полоса, базирующая на основном состоянии ($0^+, 2^+, 4^+, 6^+, 8^+$) и три полосы, энергетически сдвинутые относительно основной. Причем одна из них четная ($0^+, 2^+, 4^+, 6^+, 8^+$), а две другие α -кластерные нечетные ($1^-, 3^-, 5^-, 7^-, 9^-$). Следует отметить, что для α -кластерных полос α -частичные ширины уровней (θ_{α}^2) составляют 0,1 до 0,9 от вигнеровского предела [5, 6]. На рисунке 1 указанные экспериментальные ротационные полосы имеют метку «Э».

Итак, структура и природа возбуждений ядра атома ²⁰Ne, по видимому, такова, что имеет место присутствие вращательного коллективного и кластерного движения. Поэтому соответствующий гамильтониан определим в виде

$$H = H_d + H_p + V_{pd} \quad (1)$$

Первый член H_d , симметричный U(6) группа, отражает квадрупольное коллективное движение нуклонов. Второй член, симметричный U(4) группе, описывает дипольную кластерную моду. Третий член V_{pd} представляет собой диполь-квадрупольное взаимодействие, обусловленное корреляцией квадрупольного коллективного и кластерного движений нуклонов в атомном ядре. Свойства генераторов групп U(6) и U(4) и соответствующие или гамильтонианы обсуждаются в работах [7-9]. В общем виде V_{pd} записывается

$$V_{pd} = \sum_L X_L \left[(d^+ p^+)^{(L)} (dp)^{(L)} \right]^{(0)} + W_2 \left[(d^+ s + s^+ d)^{(2)} (p^+ p)^{(2)} \right]^{(0)}$$

Гамильтониан (1) диагонализуется в базисе

$$|s^{N_s} d^{N_d} [N_1] L_d; s_p^{N_{sp}} p^{N_p} [N_2] L_p; IM \rangle cN = N_s + N_{sp} + N_d + N_p$$

Операторы s- и d-, а также s_p- и p-бозонов заполняют пространство, которое обеспечивает базис для представления группы U(6) ⊗ U(4). Для изучения и анализа структуры возбужденных состояний ²⁰Ne применим ротационный предел группы U(6) ⊗ U(4) группы. Соответствующая этому пределу редукционная цепочка искомой группы записывается в следующей форме:

$$U(6) \otimes U(4) \supset SU_d(3) \otimes U_p(3) \supset SU_d(3) \otimes SU_p(3) \supset SU(3) \supset O(3) \supset O(2). \quad (2)$$

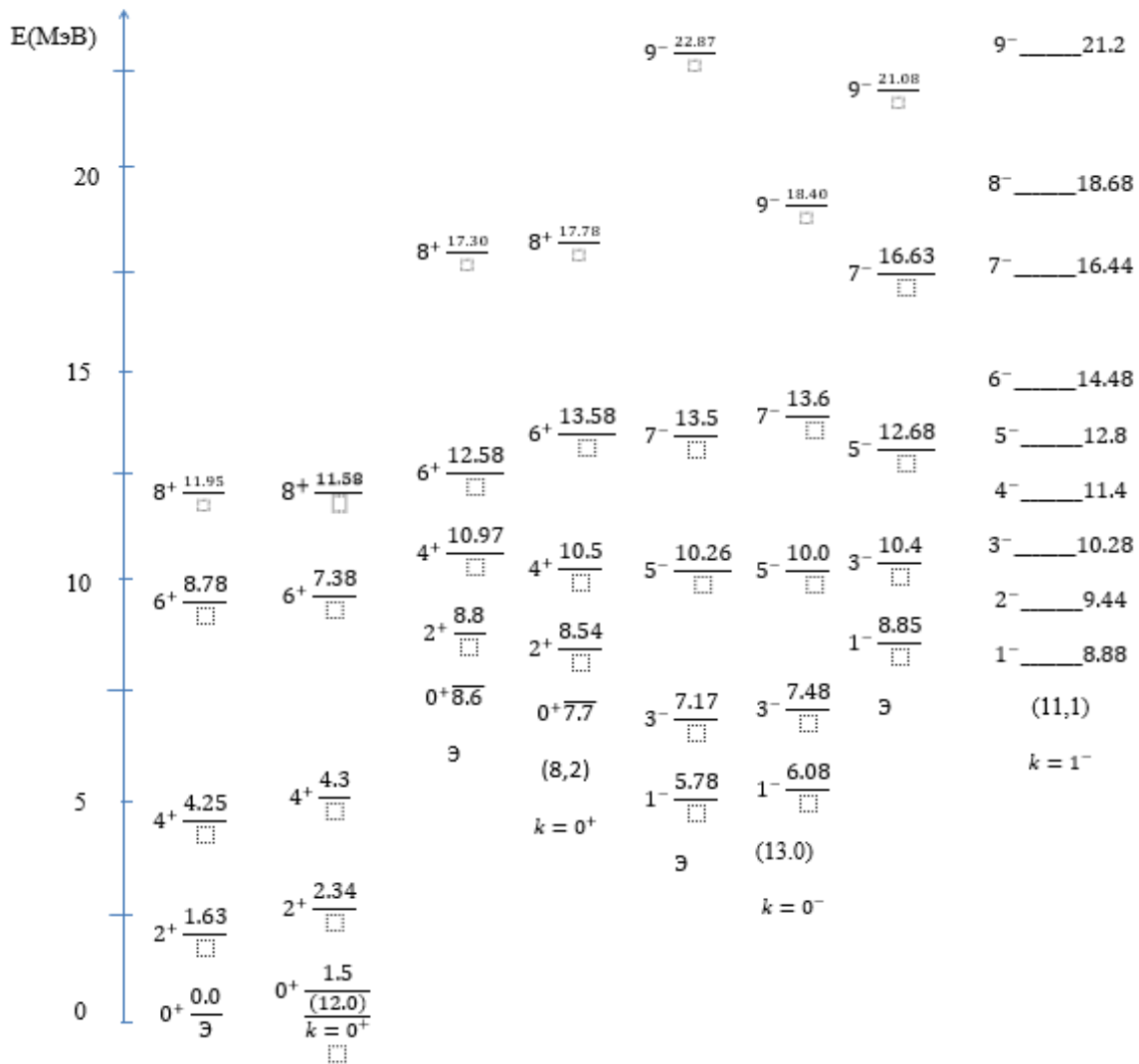


Рисунок 1. Экспериментальный и теоретический энергетические спектры атомного ядра ²⁰Ne

В (2) на первом этапе проводятся независимо две редукции $U(6) \supset SU_d(3)$ и $U(4) \supset U_p(3)$, далее осуществляется редукция $U_p(3) \supset SU_p(3)$, затем прямое произведение групп $SU_d(3)$ и $SU_p(3)$ сводится к группе $SU(3)$, и наконец, строится стандартная процедура $SU(3) \supset O(3) \supset O(2)$. Генераторы $SU_d(3)$ группы формируются из s- и d-бозонов, генераторы $U_p(3)$ и $SU_p(3)$ состоят только из p-бозонов. Правила построения генераторов обсуждаются в работах [9,10]. Генераторы $S'U(3)$ и $O(3)$ групп образуются из s-, d- и p-бозонов.

Восемью генераторами $S'U(3)$ группы являются три компоненты полного спина

$$I_\mu = \sqrt{2} [p_{m_1}^+ p_{m_2}]_{1\mu} - \sqrt{10} [d_{m_1}^+ d_{m_2}]_{1\mu} \quad (3)$$

и пять проекций квадруполья

$$Q_\mu = \sqrt{2} \{ s_0^+ d_\mu + (-)^\mu d_{-\mu} s_0 - \frac{\sqrt{3}}{2} [p_{m_1}^+ p_{m_2}]_{2\mu} - \frac{\sqrt{7}}{2} [d_{m_1}^+ d_{m_2}]_{2\mu} \}. \quad (4)$$

Три компоненты полного углового момента (3), взятые в отдельности, генерируют известную группу трехмерных вращений $O(3)$. Операторы (3) и (4) образуют замкнутую алгебру Ли [3].

Представления групп редукции (2) являются искомыми квантовыми числами, по которым классифицируются состояния атомного ядра. Представление $U(6)$ группы – это $N_1 = N_s + N_d$, представления $SU_d(3)$ и $U_p(3)$ групп соответственно $(\lambda, \mu)_d$ и N_p представление $SU_p(3)$ группа – $(\lambda, \mu)_p$ представления $SU(3)$ группы – (λ, μ) представление $O(3)$ группы I (полный спин) и, наконец $O(2)$ группы – M (проекция полного спина). Таким образом, квантовыми числами, по которым классифицируются состояния атомных ядер в приближении (3), является полное число бозонов $N = N_1 + N_2$, $(\lambda, \mu)_d$, N_p , $(\lambda, \mu)_p$, (λ, μ) , I, M, а также дополнительные квантовые числа K, определяемые значениями λ и μ . Следует иметь в виду, что $N_p = 0, 1, 2, \dots, N_2$. Значения квантовых чисел λ и μ определяются по известному правилу Янга [11]. Например, если $N_p = 1$

$$(\lambda, \mu)_d \otimes (1, 0)_p = (\lambda_d + 1, \mu_d) \oplus (\lambda_d - 1, \mu_{d+1}) \oplus (\lambda_d, \mu_{d-1}) \quad (5)$$

если $N_p = 2$

$$[(\lambda, \mu)_d \otimes (1, 0)] \otimes (1, 0)_p = (\lambda_d + 1, \mu_d) \oplus (1, 0)_p \oplus (\lambda_d - 1, \mu_{d+1}) \oplus (1, 0)_p \oplus (\lambda_d, \mu_{d-1}) \otimes (1, 0)_p \quad (6)$$

и так далее. Причем $\lambda, \mu \geq 0$. В схеме Эллиота значения полного спина, которые имеют место при заданном (λ, μ) , определяются [11].

$$I = K, (K+1), \dots, K + \max(\lambda, \mu) \quad K \neq 0,$$

$$I = \max(\lambda, \mu), \max(\lambda, \mu) - 2, \dots, 1 \text{ или } 0 \text{ при } K = 0,$$

$$\text{где } K = \min(\lambda, \mu), \min(\lambda, \mu) - 2, \dots, 1 \text{ или } 0.$$

Полностью симметричное представление $U(6)$ группы определяют $(\lambda, \mu)_d$ представления $SU_d(3)$ группы согласно правилу Янга [7,8]

$$[N_1] = (2N_1, 0) \otimes (2N_1 - 4, 2) \oplus \dots \oplus$$

$$\oplus (2N_1 - 6, 0) \oplus (2N_1 - 10, 2) \oplus \dots \oplus$$

.....

В свою очередь, полностью симметричное представление $[N_2]$ группы $U(4)$ определяет представления $(\lambda, \mu)_p$ группы $SU_p(3)$ следующим образом [10].

$$[N_2] = (N_2, 0) \oplus (N_2 - 2, 1) \oplus (N_2 - 4, 2) \oplus \dots \oplus (N_2 - 3, 0) \oplus (N_2 - 5, 1) \oplus (N_2 - 7, 2) \oplus \dots$$

Подгрупповая структура $U(6) \oplus U(4)$ группы позволяет записать гамильтониан через инварианты групп цепочки (2). Гамильтониан, симметричный редукции (2), запишется [10]

$$H = \varepsilon_p \cdot C[U_p(3)] + \alpha_p C[S'U_p(3)] + k_d C[SU_d(3)] + k C[SU(3)] + k' C[O(3)] \quad (7)$$

Здесь $C[]$ - оператор Казимира (инвариант) соответствующей группы $\varepsilon_p, d_p, k_d, k, k'$ - параметры теории. По квантовому числу M (проекция полного спина) имеет место вырождение и по этой причине инвариант $O(2)$ группы в (7) отсутствует. Собственные значения гамильтониана (7) имеют вид

$$E = \varepsilon_p N_p + \alpha_p C(\lambda_p, \mu_p) + k_d \cdot C(\lambda_d, \mu_d) + k \cdot C(\lambda, \mu) + k' \cdot I(I+1) \quad (8)$$

где $C(a, b) = a(a+3) + b(b+3) + a \cdot b$ является собственным значением оператора Казимира соответствующей группы $SU(3)$.

Формула (8) определяет энергетический спектр коррелированных коллективных квадрупольных и кластерных состояний атомных ядер в ротационном пределе кластерной бозонной модели. Заметим, что задача на собственные значения решена аналогично для любых представлений $(\lambda_p, \mu_p), (\lambda_d, \mu_d)$ и (λ, μ) и (8) является общим решением задачи (2).

При проведении многих практических расчетов достаточно учесть смешивание состояний основной дипольной полосы состояний $(\lambda_p, 0)SU_p(3)$ группы с состояниями (λ_d, μ_d) представления $SU_d(3)$ группы.

Такое допущение оправдано тем, что вклады в смешивание других (λ_p, μ_p) полос с (λ_d, μ_d) представлениями будут проявляться при значительно больших энергиях возбуждений. В таком случае собственное значение оператора Казимира представления $(\lambda_p, 0) = (N_p, 0)$ будет равно

$$C(\lambda_p, 0) = C(N_p, 0) = N_p(N_p + 3) \quad (9)$$

С учетом (9) формула (8), определяющая энергетический спектр коррелированных состояний, примет вид

$$E = \varepsilon_p N_p + \alpha_p N_p(N_p + 3) + k_d C(\lambda_d, \mu_d) + k C(\lambda, \mu) + k' I(I+1) \quad (10)$$

Если же учитывать смешивание только основных полос состояний $(\lambda_p, 0), N_p = 1$ и $(\lambda_d, 0)$ представлений соответственно $SU_p(3)$ и $SU_d(3)$ групп, то с учетом $C(\lambda_d, 0) = C(2N_1, 0) = 2N_1 \cdot (2N_1 + 3)$

Энергетический спектр коррелированных состояний будет определяться

$$E = \varepsilon_p + 4\alpha_p + k_d 2N_1(2N_1 + 3) + k C(\lambda, \mu) + k' I(I+1) \quad (11)$$

Отметим, что при выбранных значениях параметров $\varepsilon_p, N_p, \alpha_p, K_d, N_1$ сумма первых трех членов в формуле (11) представляет собой константу. Квантовые числа определяются согласно правил Янга [5,6].

На рисунке 1 приведено сравнение экспериментального [5,6] и теоретического $U(6) \otimes U(4) \supset SU_d(3) \otimes U_p(3) \supset SU_d(3) \otimes SU_p(3) \supset SU(3) \supset O(3) \supset O(2)$ энергетических спектров ядра атома ^{20}Ne . Вычисления теоретических значений энергий возбуждений проведены при следующих значениях параметров:

$$\varepsilon_p + 4d_p = 34,344 \text{ МэВ}, \quad k_d = -75,61 \text{ кэВ}, \quad k = -71,80 \text{ кэВ}, \quad k' = 140 \text{ кэВ}, \quad N_1 = 6, \quad N_p = 1$$

Величина $N_1=6$ определена по полосе (8,2), $k=0^+$ из условия $2N_1-4=I_{\max}=8$.

$U(6) \otimes U(4) \supset SU_d(3) \otimes U_p(3) \supset SU_d(3) \otimes SU_p(3) \supset SU(3) \supset O(3) \supset O(2)$ симметрия в результате произведения представлений (12,0) и (1,0) генерирует ротационные полосы (13,0), $k^p=0$ и (11,1), $k^p=I$. На

рисунке 1 приведены также полосы состояний $(12,0)$, $k^p=0^+$ и $(8,2)$, $k^p=0^+$, возбуждающие коллективное квадрупольное движение. В данной работе мы не рассматриваем конфигурационное смешивание коллективного и кластерного движений в полосе $(8,2)$, $k^p=0^+$.

Как видно из рисунка 1, соответствие между опытными данными и теорией в целом удовлетворительное. Теория правильно передает как структуру энергетических полос, так и значения энергий возбуждений. Исключение составляют, во-первых некоторые состояния основной полосы. Это, на наш взгляд, обусловлено вкладом в общее результирующее движение также и частичного. Подтверждением этому служит поведение энергетических разностей между соседними уровнями в ^{20}Ne . Так величины $\Delta E = E_{i+1} - E_i$ равны 1,63 МэВ, 2,62 МэВ, 4,53 МэВ, 3,17 МэВ, то есть $E_8 - E_6 < E_6 - E_4$. Это указывает на возможность вклада в возбуждения ираст состояний ^{20}Ne частичных форм движений.

Наблюдается также значительное расхождение между теоретическими (18,4 МэВ) и экспериментальными (22,87 МэВ) значениями энергий, состояния $I = 9^-$ в полосе $(13,0)$, $k=0$. Различие между предсказанными теоретическими и экспериментальными значениями составляет 4,47 МэВ, в то время как для состояний 1^- , 3^- , 5^- , 7^- соответствие между опытными данными и теорией достаточно хорошее. Это наводит на мысль, что наблюдаемое на опыте состояние $I = 9^-$ (22,87 МэВ) относится к новой ротационной полосе, другие состояния которой не идентифицированы к настоящему времени. Следует отметить, что в полосе $(11,1)$, $k=0$ теория предсказывает состояния $I = 2^-, 4^-, 6^-, 8^-$.

В заключении сформулируем основные результаты работы. Ротационный предел кластерной бозонной модели адекватно описывает возбуждения ядра атома ^{20}Ne , как коллективной так и кластерной природы, предсказывает новую ротационную полосу, включающую состояния $I = 9^-$ (22,87 МэВ) и дополнительные состояния $2^-, 4^-, 6^-, 8^-$ в полосе $(11,1)$, $k=1^-$.

В последующих работах мы планируем произвести расчеты электрических и магнитных переходов. В этом ядре и сравнить их с данными опытов.

Список использованной литературы:

1. Michel F., Ohkubo S. and Reidemeister G. Local potential approach to the alpha-nucleus interaction and alpha-cluster structure in nuclei. // Prog.Theor.Phys.Suppl. – 1998. – p. 7-72.
2. Buck B., Dover C.B., Vary J.P. Simple potential model for cluster states in light nuclei. // Phys.Rev.C. – 2005. – v.v 111. №5. – p. 1803-1821.
3. Wada T., Horichi H. Comparison of the microscopic potential with the optical potential in the $\alpha + ^{16}\text{O}$ system. // Phys.Rev.Lett. – 1987. V.58. – p. 2190-2193.
4. Michel F. e.a. Optical model description of $\alpha + ^{16}\text{O}$ elastic scattering and alpha-cluster structure in ^{20}Ne . // Phys.Rev. – 2003. – v.s. 58. - p. 1904-1910.
5. Артемов К.П., Головкин М.С., Панкратов В.В., Рудаков В.П. Об уровнях в ядре ^{20}Ne . // Ядерн.Физ. – 1999. – Т. 62, №7. – С. 1227-1230.
6. Richard B. Firestone Table of isotopes CD-ROM Lawrence Berkley national laboratory. // - 2009, University of California, USA.
7. Arima A., Iachello F. Interacting boson model of collective nuclear states II. The rotational limit. // Ann. of Phys.– 1978. – V. 111, – P. 201-238.
8. Arima A., Iachello F. The interacting boson model. // Cambridge university press, Cambridge, 1987.
9. Баимбетова Г.А., Кабулов А.Б. Кластерная бозонная модель (ротационный предел). // Изв. МОН РК, НАН РК, Сер.физ.-мат. – 2001.- №2. – С. 42-49.
10. Кабулов А.Б. Взаимосвязь вращательного коллективного и кластерного движений нуклонов в деформированных ядрах. // Вестник КазНПУ им. Абая. – 2007.- №2(18). – С. 122-127.
11. Elliot J.P. Collective motion in the nuclear shell model. Classification scheme for states of mixed configurations. // Proc.Roy.Soc. – 1958. – V. A245, – P. 128-145.

Қ.Бисембаев¹, А.Қожабай²

¹д.тех.н., профессор Института Математики, физики и информатики при КазНПУ им. Абая,
г. Алматы, Казахстан

²магистрант специальности «Физика» КазНПУ им. Абая, г. Алматы, Казахстан

КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ ОРТОГОНАЛЬНОГО МЕХАНИЗМА ПРИ АПЕРИОДИЧЕСКОМ ДВИЖЕНИИ ВАЛА ПРИВОДА БЕСПЛОТИННОЙ ГИДРОТУРБИНЫ

Аннотация

В последнее время в машиностроительной практике, вибрационная техника создается на базе рычажных механизмов. В этой работе исследована динамика ортогонального механизма вибрационного стола при аperiodическом движении вала привода бесплотинной гидротурбины. Аperiodическое движение вала гидротурбины ортогонального механизма вибростола описывается нелинейным обыкновенным дифференциальным уравнением с малыми параметрами при старшей производной. Получено аналитическое решение уравнения движения методом многих масштабов. Построены осциллограммы угла вращения и угловой скорости вала гидротурбины, иллюстрирующих его аperiodические движения. Определены условия, налагающие на параметры гидротурбины для возбуждения аperiodического движения ведущего звена. Установлен критерий и определены различные режимы аperiodического движения вала бесплотинной гидротурбины. Результаты, полученные в ходе теоретических исследований, успешно могут быть использованы для проектирования вибрационной техники с ортогональным механизмом.

Ключевые слова: ортогональный механизм, вибрационная техника, аperiodическое движение, бесплотинная гидротурбина, нелинейные колебания.

Аңдатпа

Қ.Бисембаев¹, А.Қожабай²

¹тех.ғ.д., Абай атындағы ҚазҰПУ, Математика, физика және информатика институтының профессоры,
Алматы қ., Қазақстан

²Абай атындағы ҚазҰПУ, «Физика» мамандығының магистранты, Алматы қ., Қазақстан

ПЛОТИНАСЫЗ ГИДРОТУРБИНАНЫҢ БІЛІГІ АПЕРИОДТЫ ҚОЗҒАЛҒАН КЕЗДЕГІ ОРТОГОНАЛЬДЫ МЕХАНИЗМНІҢ ТЕРБЕЛМЕЛІ ҚОЗҒАЛЫСЫ

Сонғы кездері машина құрастыру практикасында діріл техникасы рычагты механизмдердің негізінде жасалынады. Бұл жұмыста плотинасыз гидротурбина қозғалтқышы білігінің аperiodты қозғалысы кезіндегі діріл үстелінің ортогональды механизмінің динамикасы зерттелді. Діріл үстелінің ортогональды механизмінің қозғалтқышы болатын, гидротурбина валының аperiodты қозғалысы жоғарғы ретті туындының алдындағы параметрі аз болатын сызықты емес қарапайым дифференциальдық теңдеумен сипатталады. Көп масштабты әдіспен қозғалыс теңдеуінің аналитикалық шешімі алынған. Гидротурбина валының аperiodты қозғалысын бейнелейтін бұрылу бұрышы мен бұрыштық жылдамдықтың осциллограммасы тұрғызылған. Қозғаушы буынның аperiodты қозғалысын қоздыру үшін гидротурбина параметрлеріне түсірілетін шарттар анықталды. Плотинасыз гидротурбина білігінің аperiodты қозғалысының әртүрлі режимдері анықталып, критерийлері тағайындалды. Теориялық зерттеулерден алынған нәтижелерді ортогональды механизмі бар діріл техникаларын жобалау кезінде сәтті қолдануға болады.

Түйінді сөздер: ортогональды механизм, вибрациялық техника, аperiodтық қозғалыс, плотинасыз гидротурбина, сызықты емес тербеліс.

Abstract

Bissembayev K.¹, Kozhabay A.²

¹Dr. Sci. (Engineering) of the Institute of Mathematics, Physics and Informatics at Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

²Student of Master Programme in Physics, Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

VIBRATIONAL MOTION OF ORTHOGONAL MECHANISM FOR APERIODIC MOTION DRIVE SHAFTDAMLESS TURBINE

Nowadays, in mechanical engineering the vibration technique is created that based on lever mechanisms. In this work the dynamics of orthogonal mechanism of vibrating table with aperiodic motion drive of shaft damless hydraulic turbine was studied. The aperiodic motion of the turbine shaft of the orthogonal vibrating table mechanism is described by a nonlinear ordinary differential equation with small parameters and with the highest derivative. An analytical solution of the equation of motion is obtained by a method of many scales. The oscillograms of the rotation angle and angular velocity of the turbine shaft are constructed illustrating its aperiodic motions. The conditions imposed on the parameters of the hydroturbine for excitation of the aperiodic motion of the driving link are determined. The results obtained in the course of theoretical studies can be successfully used to design vibration equipment with an orthogonal mechanism. Established criteria are defined and

different modes of aperiodic motion shaft damless hydraulic turbine were created.

Key words: orthogonal mechanism, vibration equipment, aperiodic movement DAM turbine, nonlinear oscillations.

Введение

Вибрационные машины и технологические процессы 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.

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.

К крупнейшим достижениям в области теории механизмов и машин, можно отнести фундаментальные и прикладные разработки механики вибрационных машин, механизмов и технологий, выполненных под руководством К.В. Фролова [1,2,3]. В них разработана методика применения асимптотических методов нелинейной механики и теории марковских процессов для исследования случайных колебаний в вязкоупругих системах, подверженных воздействию случайных сил. Построена теория действия вибрации на нелинейные механические системы. Существенное развитие получили теория вибрационного перемещения, теория колебательных систем с ограниченным возбуждением, теория конструктивного демпфирования и некоторые другие исследования систем с распределенным сухим трением, теория вибропроводности, виброреология, теория действия вибрации на пульпы и суспензии.

Разработкой вибрационных машин, где используются нелинейные свойства рычажных механизмов для получения направленного импульса на нужную амплитуду, занимаются немецкие ученые из Технического Университета из Кемнитц [4,5].

Киргизскими учеными для создания виброударных машин на базе рычажных механизмов используется «особое» положение четырехзвенных механизмов [6,7], при котором реакции в парах резко возрастают. То есть, для проектирования вибрационных механизмов используется, с точки зрения теории, заведомо неуправляемое положение этих механизмов.

Эффективность всех упомянутых методов во многом определяется выбором модели и колебательного режима для рабочего органа соответствующей машины, потому что на практике используются самые разные, в том числе очень сложные виды колебаний: гармонические, полигармонические, прямолинейные, двухкомпонентные и пространственные. Эти режимы могут быть реализованы с помощью рычажных механизмов, которые имеют широкие функциональные возможности.

Характер динамических процессов в машинах вибрационного принципа действия с определенной степенью зависит от источника энергии, генерирующего вибрационное движение. В книге [8] рассматриваются 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 [9]. Здесь приводится анализ динамики автоколебательных систем, взаимодействующих с источниками энергии, при наличии нелинейных упругих связей, периодических, параметрических воздействий и запаздывания.

В работе [10] исследовано колебательное движение вибрационного стола на плоских рычажных механизмах. Разработана математическая модель вибрационного стола с ортогональным механизмом.

Работа [11] посвящена исследованию взаимодействия одностороннего кривошипного насоса с возбуждающим его колебания бесплотинной гидротурбины с наклонными лопастями имеющие ограниченные мощности. С этой целью строится новая математическая модель, описывающая процесс взаимодействия одностороннего кривошипного насоса и бесплотинной гидротурбины с наклонными лопастями.

Динамика ортогонального механизма при наличии на вибрационном столе неподвижного груза рассматривается в работе [12]. Основное внимание уделяется колебательному движению механизма при малооборотном вращении двигателя. В результате анализа решений нелинейного уравнения движения установлено, что угловая скорость ведущего звена осциллируются по гармоническому закону около среднего значения. Определен характер изменения амплитуды осциллирующего значения угловой скорости вала двигателя в зависимости от массы груза и длины ведущего звена.

Исследованию взаимодействия одностороннего кривошипного насоса с возбуждающим его колебания бесплотинной гидротурбины с наклонными лопастями имеющие ограниченные мощности посвящена работа [13]. С этой целью строится новая математическая модель, описывающая процесс взаимодействия

одностороннего кривошипного насоса и бесплотинной гидротурбины с наклонными лопастями.

В работе [14] исследовано ротационное движение ортогонального механизма вибрационного стола с приводом бесплотинной гидротурбины при наличии неподвижного груза (при учете нагрузки) на рабочем звене.

Целью данной работы является исследование динамики ортогонального механизма вибрационного стола при аperiodическом движении вала привода бесплотинной гидротурбины.

Уравнение движения

Расчетная модель рычажного механизма с ортогональным движением показана на рисунке 1. Начало координатной системы OXY располагаем на оси вращения кривошипа. Здесь через X и Y обозначаем координаты шарнира C (Рис.1).

Из уравнений замкнутости векторных контуров в проекциях на координатные оси можно записать следующие кинематические соотношения

$$\begin{aligned} \xi &= l \cos \varphi - l_2 \left[\sqrt{1 - \frac{l_1^2}{l_2^2} + \frac{l^2}{l_2^2}} - \sqrt{1 - \frac{l_1^2}{l_2^2} + \frac{l^2}{l_2^2} \cos \varphi} \right], \\ \eta &= l \sin \varphi - l_1 \left[\sqrt{1 - \frac{l^2}{l_2^2}} - \sqrt{1 - \frac{l^2}{l_1^2} \cos^2 \varphi} \right] \end{aligned} \quad (1)$$

где ξ, η - отклонения шарнира C от среднего значения его координат; l, l_1, l_2 длины звеньев 1, 2, 3 соответственно, φ - угол оси вращения кривошипа (Рис. 1).

Уравнение движения рычажного механизма с ортогональным движением будет иметь следующий вид [14]

$$\begin{aligned} A_0 \ddot{\varphi} + \left[A_3 \left(\frac{1}{2} \cos^3 \varphi - \sin^2 \varphi \cos \varphi - \sin \varphi \cos \varphi \right) + f M l^2 \sin \varphi \cdot \text{sign} \dot{X} \right] \dot{\varphi}^2 + P \cos \varphi + \\ + k M_D \cos \varphi \sin \varphi = M_D - f M g l \cdot \text{sign} \dot{X} - k M_D \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь

$$\begin{aligned} A_0 &= M \left(1 + \frac{m_3}{M} \right) l^2 + J; \quad A_3 = 2 M l^2 \frac{l}{l_1}; \\ P &= M \left[1 + \frac{m_1}{M} + \frac{m_2}{M} + \frac{m}{2M} \right] g l, \quad J = \frac{1}{3} m l^2 \end{aligned}$$

где M - масса груза, m, m_1, m_2 и m_3 - массы звеньев 1, 2, 3 и 4; J - момент инерции звенья 1; f - коэффициент трения скольжения; k - коэффициент трения вращения; M_D - момент движущих сил.

В работе [15] определена характеристика движущего момента гидротурбины с шестью плоскими лопастями. Усредненный момент движущих сил таких бесплотинных гидротурбин имеет вид:

$$M_D = a - b \dot{\varphi}, \quad (3)$$

где

$$\begin{aligned} a &= \frac{\rho_w Q^2}{h} (3W - T_1 \mu_{11} + D_1 \mu_{21}); \quad b = \frac{\rho_w Q^2}{h} (E_1 \lambda_{11} + K_1 \lambda_{21}); \quad W = \frac{1}{2} \frac{R}{l_b} \cos \alpha_2 + \frac{1}{4}; \\ T_1 &= \frac{1}{2} \frac{R}{l_b} \left[\sin \alpha_2 + \sin (2\alpha_1 + \alpha_2) + \sin (4\alpha_1 + \alpha_2) \right] + \frac{1}{4} \left[\sin 2\alpha_2 + \sin 2(\alpha_1 + \alpha_2) + \sin 2(2\alpha_1 + \alpha_2) \right]; \end{aligned}$$

$$D_1 = \frac{1}{2} \frac{R}{l_b} \left[\cos \alpha_2 + \cos(2\alpha_1 + \alpha_2) + \cos(4\alpha_1 + \alpha_2) \right] + \frac{1}{4} \left[\cos 2\alpha_2 + \cos 2(\alpha_1 + \alpha_2) + \cos 2(2\alpha_1 + \alpha_2) \right];$$

$$E_1 = \frac{J_h C}{g} \left[\cos \alpha_2 + \cos(\alpha_1 + \alpha_2) + \cos(2\alpha_1 + \alpha_2) \right]; C = \frac{R^2}{l_b^2} + \frac{R}{l_b} \cos \alpha_2 + \frac{1}{3}; Q = g h l_b;$$

$$K_1 = \frac{J_h C}{g} \left[\sin \alpha_2 + \sin(\alpha_1 + \alpha_2) + \sin(2\alpha_1 + \alpha_2) \right], J_h = \frac{1}{2} M_r R^2 + 6 \rho_b h l_b d \left(R^2 + \frac{1}{3} l_b^2 + R l_b \cos \alpha_2 \right),$$

$$\mu_{11} = \frac{1}{\pi - 2\alpha_1 - \alpha_2} \int_0^{\pi - 2\alpha_1 - \alpha_2} \sin 2\varphi d\varphi, \mu_{21} = \frac{1}{\pi - 2\alpha_1 - \alpha_2} \int_0^{\pi - 2\alpha_1 - \alpha_2} \cos 2\varphi d\varphi,$$

$$\lambda_{11} = \frac{1}{\pi - 2\alpha_1 - \alpha_2} \int_0^{\pi - 2\alpha_1 - \alpha_2} \sin \varphi d\varphi, \lambda_{21} = \frac{1}{\pi - 2\alpha_1 - \alpha_2} \int_0^{\pi - 2\alpha_1 - \alpha_2} \cos \varphi d\varphi,$$

где ρ_w - плотность жидкости, g - скорость течения жидкости, Q - расход жидкости на рабочей части лопасти, α_1 - угол между лопастями, α_2 - угол наклона лопастей, R и M_r - радиус и масса рабочего колеса гидротурбины, h , l_b и d - ширина, длина и толщина лопасти гидротурбины, соответственно, ρ_b - плотность материала лопасти.

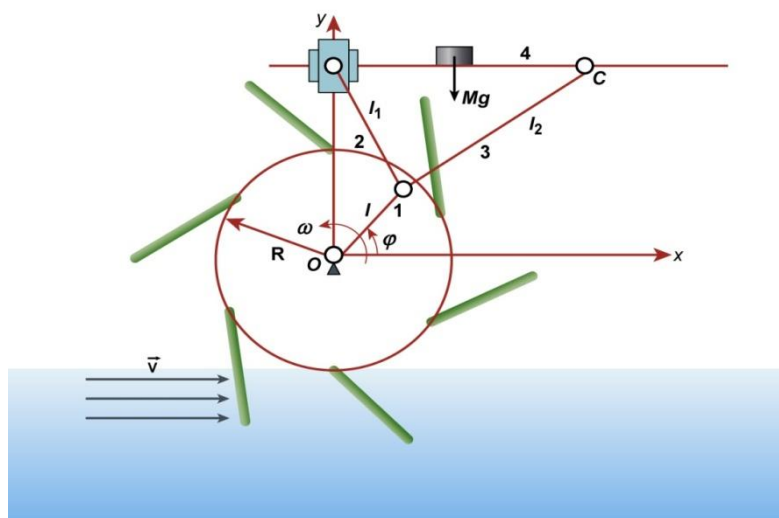


Рисунок 1. Схема ортогонального механизма вибрационного стола с приводом бесплотинной гидротурбины

Рассмотрим случай, когда трение отсутствует, т.е. случай, когда $f=0$ и $k=0$. Подстановкой $d\tau = \omega_0 dt$ и используя некоторые тригонометрические соотношения, преобразуем уравнение движения (2) к безмерной форме

$$\frac{d^2 \varphi}{d\tau^2} + \frac{b}{\omega_0 A_0} \frac{d\varphi}{d\tau} + \varepsilon (\cos \varphi - 4 \sin 2\varphi + 3 \cos 3\varphi) \left(\frac{d\varphi}{d\tau} \right)^2 + \cos \varphi = \frac{a}{\omega_0^2 A_0}, \quad (4)$$

где

$$\omega_0^2 = \frac{P}{A_0}, \quad \varepsilon = \frac{A_3}{A_0}$$

Бесплотинная гидротурбина относится к малооборотным приводам, поэтому величина скорости вращательного движения бесплотинной гидротурбины равна нескольким единицам и налагает условие $b \ll \omega_0 A_0$.

Уравнение (4) оказывается существенно нелинейным, так как в уравнении нелинейный член входит без малого параметра.

Апериодическое движение

Условия возбуждения либрационного вала гидротурбины имеет вид:

$$\frac{a}{\omega_0^2} < 1 \tag{1}$$

При условии

$$\frac{b}{\omega_0 A_0} > 1 \tag{2}$$

вал гидротурбины совершает апериодические движения.

Введем новое обозначение $\varphi = z$, $s = \frac{\omega_0 A_0}{b} \tau$

Уравнение (4) примет вид:

$$\mu \frac{d^2 z}{ds^2} + \frac{dz}{ds} + \mu \varepsilon (\cos z - 4 \sin 2z + 3 \cos 3z) \left(\frac{dz}{ds} \right)^2 + \cos z = B_0 \tag{3}$$

где

$$\mu = \frac{\omega_0^2 A_0^2}{b^2}, \quad B_0 = \frac{a}{\omega_0^2 A_0}$$

Для уравнения (3) условимся рассматривать следующую задачу Коши

$$s = 0, \quad z(0) = z_H, \quad z'(0) = z'_H \quad \text{где } z' = dz/ds \tag{3a}$$

Для построения решения уравнения (3) применим метод многих масштабов [16]. Для этого достаточно ввести лишь одну мелкомасштабную переменную $\tilde{s} = s/\mu$, которая для данной задачи совпадает с обычной внутренней переменной и координату $\tilde{\tau} = s$, которая в нашем случае является внешней переменной. В этих координатах

$$\frac{d}{ds} = \frac{1}{\mu} \frac{\partial}{\partial \tilde{s}} + \frac{\partial}{\partial \tilde{\tau}}, \quad \frac{d^2}{ds^2} = \frac{1}{\mu^2} \frac{\partial^2}{\partial \tilde{s}^2} + \frac{2}{\mu} \frac{\partial^2}{\partial \tilde{s} \partial \tilde{\tau}} + \frac{\partial^2}{\partial \tilde{\tau}^2} \tag{4}$$

Так что уравнение (3) принимает вид

$$\frac{1}{\mu} \frac{\partial^2 z}{\partial \tilde{s}^2} + 2 \frac{\partial^2 z}{\partial \tilde{s} \partial \tilde{\tau}} + \mu \frac{\partial^2 z}{\partial \tilde{\tau}^2} + \frac{1}{\mu} \frac{\partial z}{\partial \tilde{s}} + \frac{\partial z}{\partial \tilde{\tau}} + \mu \varepsilon (\cos z - 4 \sin 2z + 3 \cos 3z) \left(\frac{1}{\mu} \frac{\partial z}{\partial \tilde{s}} + \frac{\partial z}{\partial \tilde{\tau}} \right)^2 + \cos z = B_0 \tag{5}$$

Будем искать равномерно пригодное разложение первого порядка в форме

$$z = z_0(\tilde{s}, \tilde{\tau}) + \mu z_1(\tilde{s}, \tilde{\tau}) + \dots \tag{6}$$

Нелинейную функцию уравнения (5) представим в виде

$$\begin{aligned}\cos z &= \cos z_0 - \mu z_1 \sin z_0 \approx \cos z_0 \\ \sin 2z &= \sin 2z_0 - 2\mu z_1 \cos 2z_0 \approx \sin 2z_0 \\ \cos 3z &= \cos 3z_0 - 3\mu z_1 \sin 3z_0 \approx \cos 3z_0\end{aligned}\quad (7)$$

Подставляя разложения (6), (7) в уравнение (5) и приравнявая коэффициенты при одинаковых степенях μ , имеем

$$\frac{\partial^2 z_0}{\partial \tilde{s}^2} + \frac{\partial z_0}{\partial \tilde{s}} + \varepsilon (\cos z_0 - 4 \sin 2z_0 + 3 \cos 3z_0) \left(\frac{dz_0}{d\tilde{s}} \right)^2 = 0 \quad (8)$$

$$s = 0, z_0(0) = z_H, z'_0(0) = z'_H,$$

$$\frac{\partial^2 z_1}{\partial \tilde{s}^2} + \frac{\partial z_1}{\partial \tilde{s}} = -2 \frac{\partial^2 z_0}{\partial \tilde{s} \partial \tilde{\tau}} - \frac{\partial z_0}{\partial \tilde{\tau}} - \cos z_0 + B_0 \quad (9)$$

$$\tilde{s} = 0, z_1(0) = 0, z'_1(0) = 0.$$

Будем искать прямое разложение решения уравнений (8) в виде

$$z_0 = y_0 + \varepsilon y_1 + \dots \quad (10)$$

Ограничиваясь членами первого порядка малости по ε . Подставляя (10) в уравнения (8) и приравнявая коэффициенты при соответствующих степенях ε , получаем уравнения

$$\frac{\partial^2 y_0}{\partial \tilde{s}^2} + \frac{\partial y_0}{\partial \tilde{s}} = 0 \quad (11)$$

$$\tilde{s} = 0, y_0(0) = z_H, y'_0(0) = z'_0$$

$$\frac{\partial^2 y_1}{\partial \tilde{s}^2} + \frac{\partial y_1}{\partial \tilde{s}} = -(\cos y_0 - 4 \sin 2y_0 + 3 \cos 3y_0) \left(\frac{dy_0}{d\tilde{s}} \right)^2 \quad (12)$$

$$\tilde{s} = 0, y_1(0) = 0$$

Общее решение уравнения (11) дается выражением

$$y_0 = C_2(\tilde{\tau}) - C_1(\tilde{\tau})e^{-\tilde{s}} \quad (13)$$

где функции $C_2(\tilde{\tau})$ и $C_1(\tilde{\tau})$, на этом шаге аппроксимации остаются неопределенными; их определяют на следующем этапе с помощью соответствующих условий разрешимости.

Частное решение уравнения (12) имеет вид

$$y_1 = \cos y_0 - \sin 2y_0 + \frac{1}{3} \cos 3y_0 - \left[\cos C_2 - C_1 - \sin 2(C_2 - C_1) + \frac{1}{3} \cos 3(C_2 - C_1) \right] \quad (14)$$

Постановка полученного выражения для y_0 и y_1 в (10) дает

$$z_0 = C_2(\tilde{\tau}) - C_1(\tilde{\tau})e^{-\tilde{s}} + \varepsilon \left(\cos y_0 - \sin 2y_0 + \frac{1}{3} \cos 3y_0 \right) \quad (15)$$

Заметим, что функция z_0 зависит от быстрой переменной \tilde{s} . При этом для быстро меняющийся переменной \tilde{s} в (15) имеем

$$\frac{d}{d\tilde{s}}(\cos y_0) = \frac{d}{d\tilde{s}}(\sin 2y_0) = \frac{d}{d\tilde{s}}(\cos 3y_0) = 0. \quad (16)$$

Подставляя (15) в уравнение (9) и учитывая соотношение (16) имеем

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 z_1}{\partial \tilde{s}^2} + \frac{\partial z_1}{\partial \tilde{s}} = & -C'_1(\tilde{\tau})e^{-\tilde{s}} [1 + \varepsilon(\sin y_0 + 2\cos 2y_0 + \sin 3y_0)] - \\ & -C'_2(\tilde{\tau}) [1 - \varepsilon(\sin y_0 + 2\cos 2y_0 + \sin 3y_0)] - \cos z_0 + B_0 \end{aligned} \quad (17)$$

где

$$C'_1(\tilde{\tau}) = \frac{dC_1}{d\tilde{\tau}}, \quad C'_2(\tilde{\tau}) = \frac{dC_2}{d\tilde{\tau}}$$

Частное решение уравнения (17) имеет вид

$$\begin{aligned} z_1 = & [1 + \varepsilon(\sin y_0 + 2\cos 2y_0 + \sin 3y_0)] C'_1(\tilde{\tau})(\tilde{s} + 1)e^{-\tilde{s}} - \\ & - \{ [1 - \varepsilon(\sin y_0 + 2\cos 2y_0 + \sin 3y_0)] C'_2(\tilde{\tau}) + (\cos z_0 - B_0) \} \tilde{s} \end{aligned} \quad (18)$$

Так что при $\tilde{s} \rightarrow \infty$ величина μz_1 оказывается много больше, чем z_0 . Поэтому для получения равномерно пригодного разложения коэффициента при \tilde{s} и при $(\tilde{s} + 1)e^{-\tilde{s}}$ в формуле (18) должны обращаться в нуль одновременно [16].

Таким образом, имеем

$$\begin{aligned} \tilde{N}'_1(\tilde{\tau}) = 0, \quad \text{т.е.} \quad \tilde{N}_1 = const \\ \frac{dC_2}{d\tilde{\tau}} = \frac{B_0 - \cos z_0}{1 - \varepsilon(\sin y_0 + 2\cos 2y_0 + \sin 3y_0)} \end{aligned} \quad (19)$$

Используя выражения (10) и (13), перепишем уравнение (19) в виде

$$\frac{[1 - \varepsilon(\sin y_0 + 2\cos 2y_0 + \sin 3y_0)] dy_0}{B_0 - \cos(y_0 + \varepsilon y_1)} = d\tilde{\tau} \quad (20)$$

Разложим функцию $[B_0 - \cos(y_0 + \varepsilon y_1)]^{-1}$ в (20) при малых ε с точностью до членов порядка ε , в результате чего получим

$$\frac{dy_0}{B_0 - \cos y_0} - \varepsilon \frac{(\sin y_0 + 2\cos 2y_0 + \sin 3y_0) dy_0}{B_0 - \cos y_0} - \frac{\varepsilon \sin y_0 y_1 dy_0}{(B_0 - \cos y_0)^2} = d\tilde{\tau} \quad (21)$$

Обращаясь вновь к уравнению (21), отметим, что член $\varepsilon \sin y_0$ в уравнении (21) порождает малые члены второго порядка. Использование этого факта позволило бы значительно сократить объем вычислений. Следовательно, уравнение (21) может быть написано в виде

$$\frac{dy_0}{B_0 - \cos y_0} - \frac{2\varepsilon \cos 2y_0 dy_0}{B_0 - \cos y_0} = d\tilde{\tau} \quad (22)$$

Воспользовавшись тригонометрическим тождеством $\cos 2y_0 = 2\cos^2 y_0 - 1$ перепишем уравнение (22) в виде

$$\frac{dy_0}{B_0 - \cos y_0} + \frac{4\varepsilon}{[1 - 2\varepsilon(2B_0^2 - 1)]} (B_0 + \cos y_0) dy_0 = \frac{d\tilde{\tau}}{[1 - 2\varepsilon(2B_0^2 - 1)]} \quad (23)$$

После интегрирования уравнений (23) пренебрегая малыми членами второго порядка получаем

$$\ln \left\{ \frac{(B_0 \operatorname{tg} y_0 - \sqrt{1 - B_0^2})(\sin y_0 - \sqrt{1 - B_0^2})}{(B_0 \operatorname{tg} y_0 + \sqrt{1 - B_0^2})(\sin y_0 + \sqrt{1 - B_0^2})} \right\} = \frac{2\sqrt{1 - B_0^2}}{[1 - 2\varepsilon(2B_0^2 - 1)]} \tilde{\tau} + \ln C_0 \quad (24)$$

где

$$C_0 = \frac{(B_0 \operatorname{tg} z_H - \sqrt{1 - B_0^2})(\sin z_H - \sqrt{1 - B_0^2})}{(B_0 \operatorname{tg} z_H + \sqrt{1 - B_0^2})(\sin z_H + \sqrt{1 - B_0^2})} \quad (25)$$

Приблизительно заменим $\operatorname{tg} y_0 \approx \sin y_0$, в результате чего получим

$$\sin^2 y_0 - \frac{\sqrt{1 - B_0^2}}{B_0} (1 + B_0) \frac{K_0 + 1}{K_0 - 1} \sin y_0 + \frac{1 - B_0^2}{B_0} = 0 \quad (26)$$

где

$$K_0 = D_0 e^{-\frac{2\sqrt{1 - B_0^2}}{[1 - 2\varepsilon(2B_0^2 - 1)]} \tilde{\tau}}, \quad D_0 = \frac{1}{C_0}$$

Решая квадратное уравнение (26) находим

$$y_{01} = \arcsin \left\{ \frac{\sqrt{1 - B_0^2}}{2B_0} (1 + B_0) \frac{K_0 + 1}{K_0 - 1} + \sqrt{\left[\frac{1 - B_0^2}{2B_0} (1 + B_0) \frac{K_0 + 1}{K_0 - 1} \right]^2 - \frac{1 - B_0^2}{B_0}} \right\} \quad (27)$$

$$y_{02} = \arcsin \left\{ \frac{\sqrt{1 - B_0^2}}{2B_0} (1 + B_0) \frac{K_0 + 1}{K_0 - 1} - \sqrt{\left[\frac{1 - B_0^2}{2B_0} (1 + B_0) \frac{K_0 + 1}{K_0 - 1} \right]^2 - \frac{1 - B_0^2}{B_0}} \right\}$$

При $\tilde{\tau} \rightarrow \infty$, y_0 стремится к предельным значениям y_{01} и y_{02} , результат дается формулой (27).

$$\tilde{y}_{01} = -\arcsin(\sqrt{1 - B_0^2}), \quad \tilde{y}_{02} = -\arcsin\left(\frac{\sqrt{1 - B_0^2}}{B_0}\right) \quad (28)$$

Угловая скорость вала гидротурбины при апериодическом движении в соответствии формулы (19) имеет вид

$$z' = \frac{dz_0}{ds} = \frac{1}{\mu} \frac{dz_0}{d\tilde{s}} + \frac{\partial z_0}{\partial \tilde{\tau}} = \frac{1}{\mu} C_1 e^{-\tilde{s}} + B_0 - \cos z_0. \quad (29)$$

Удовлетворяя начальным условиям (3а) и переходя к исходной переменной имеем

$$z'_0 = (z'_H - B_0 + \cos z_H) e^{-\frac{s}{\mu}} + B_0 - \cos z_0 \quad (30)$$

Возвращаясь к переменным $z = \varphi$, $s = \frac{\omega_0^2 A_0}{b} t$ напишем уравнения аperiodического движения вала гидротурбины в виде

$$y_0 = \arcsin \left[\frac{(1+B_0)\sqrt{1-B_0^2}}{2B_0} \frac{D_0 \exp\left(-\frac{2\sqrt{1-B_0^2}}{1-2\varepsilon(2B_0^2-1)} \cdot \frac{\omega_0^2 A_0}{b} t\right) + 1}{D_0 \exp\left(-\frac{2\sqrt{1-B_0^2}}{1-2\varepsilon(2B_0^2-1)} \cdot \frac{\omega_0^2 A_0}{b} t\right) - 1} \right] \pm \sqrt{\left[\frac{(1+B_0)\sqrt{1-B_0^2}}{2B_0} \frac{D_0 \exp\left(-\frac{2\sqrt{1-B_0^2}}{1-2\varepsilon(2B_0^2-1)} \cdot \frac{\omega_0^2 A_0}{b} t\right) + 1}{D_0 \exp\left(-\frac{2\sqrt{1-B_0^2}}{1-2\varepsilon(2B_0^2-1)} \cdot \frac{\omega_0^2 A_0}{b} t\right) - 1} \right]^2 - \frac{1-B_0^2}{B_0}} \quad (31)$$

$$\varphi = y_0 + \varepsilon \left[\left(\cos y_0 - \sin 2y_0 + \frac{1}{3} \cos 3y_0 \right) - \left(\cos \varphi_H - \sin 2\varphi_H - \frac{1}{3} \cos 3\varphi_H \right) \right] \quad (32)$$

$$\dot{\varphi} = \left[\dot{\varphi}_H - \frac{\omega_0^2 A_0}{b} (B_0 - \cos \varphi_H) e^{-\frac{b}{A_0} t} + \frac{\omega_0^2 A_0}{b} (B_0 - \cos \varphi) \right] \quad (33)$$

Графическая иллюстрация решений (32) представлена на рисунке 2. Вычисления проводились при следующих значениях параметров:

$$\begin{aligned} \mathcal{G} &= 1 \text{ м/с}, \quad \rho_w = 10^3 \text{ кг/м}^3, \quad l_b = 1 \text{ м}, \quad h = 1 \text{ м}, \quad d = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}, \quad \alpha_1 = \pi/3, \quad \alpha_2 = \pi/6, \\ R &= 13 \cdot 10^{-2} \text{ м}, \quad M_r = 28 \text{ кг}, \quad \rho_b = 2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3, \quad m = 2 \text{ кг}, \quad m_1 = 2,5 \text{ кг}, \quad m_2 = 3 \text{ кг}, \\ m_3 &= 3,5 \text{ кг}, \quad M = 70 \text{ кг}, \quad l = 0,1 \text{ м}, \quad l_1 = 1 \text{ м}, \quad l_2 = 2 \text{ м}. \end{aligned}$$

Зависимости φ от времени t показаны на рисунке 2. Сплошная линия (кривая 2) построена по результатам численных решений, а линия източек (кривая 1) построена по результатам аналитических решений уравнений (4). Похожие кривые, показанные на Рис.2, дают представление о близости результатов аналитического и численного решений.

Зависимости угловой скорости вала гидротурбины от времени t и угла вращения φ показаны на рисунке 3 и 4. Кривая 2 построена по результатам численных решений и описывает переходной процесс изменения угловой скорости вращения вала от времени. Кривая 1 получена по результатам численных решений.

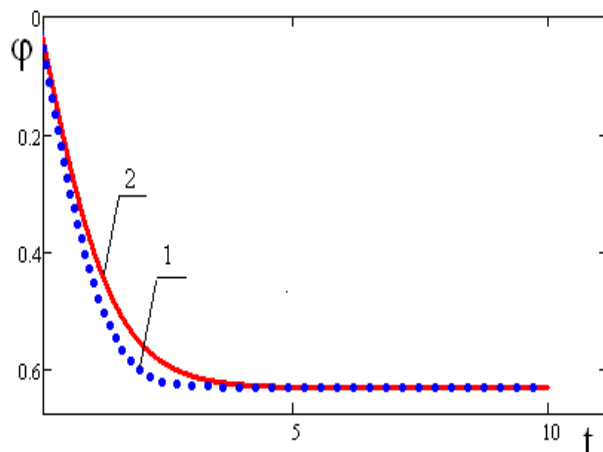


Рисунок 2. Графики зависимости угла вращения

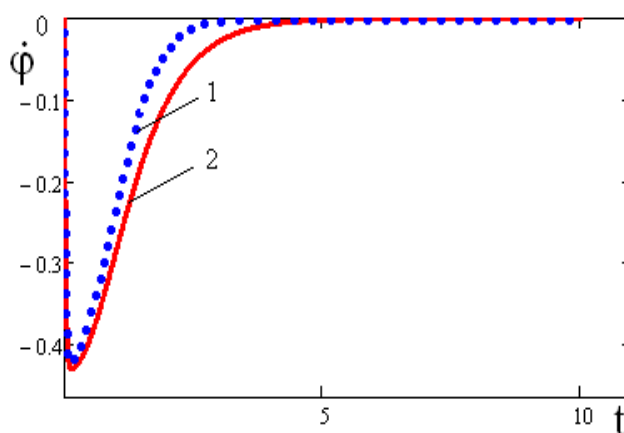


Рисунок 3. Графики зависимости угловой скорости вала гидротурбины $\dot{\varphi}$ от времени t вала гидротурбины $\dot{\varphi}$ от времени t

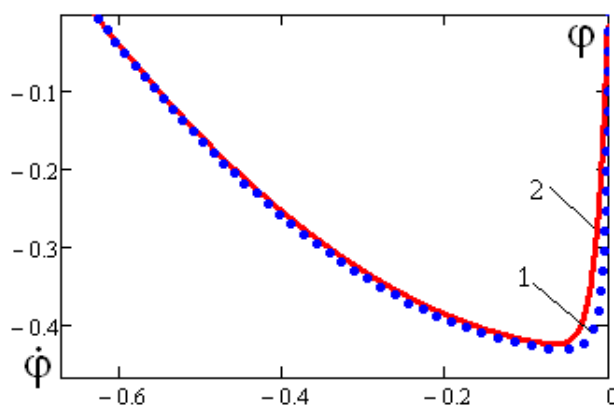


Рисунок 4. Графики зависимости угловой скорости вала гидротурбины $\dot{\varphi}$ от угла вращения φ

Вывод

В работе были исследованы характеристики вибрационного движения ортогонального механизма с приводом бесплотинной гидротурбины при апериодическом движении вала гидротурбины. Построены динамическая и математическая модели вибрационного движения механизма.

Апериодическое движение вала гидротурбины ортогонального механизма вибростола описывается нелинейным обыкновенным дифференциальным уравнением с малыми параметрами при старшей производной. Получено аналитическое решение уравнения движения методом многих масштабов.

Построены осциллограммы угла вращения и угловой скорости вала гидротурбины, иллюстрирующих его апериодические движения.

Определены условия, налагаемые на параметры гидротурбины для возбуждения апериодического движения ведущего звена.

Список использованной литературы:

1. Фролов К.В. Механика и решение проблем машиностроения (*Mechanics and solution of machine-building problems*)// *Advances in Mechanics*/ vol 11, 1/2, Warszawa, 1988. – P.142-184.
2. Фролов К.В., Гончаревич И.Ф. Теория вибрационной техники и технологий. – М.: Наука, 1985. – 319 с.
3. Фролов К.В. Научные основы вибрационной технологии//В кн. Научные основы прогрессивной технологии. - М.: Машиностроение, 1982. – С.157-220.
4. Dresig H, Naake St, Rockhansen L. Vollstandiger und harmonischer Ansgeleichebener Mechanismen. In: VDI - Fortschrittbericht, Dusseldorf: VDI – Verlag, 1994; pp. 155 -18.
5. Dresig H., Golle A. Synthese sechsgliedriger Mechanismen fuer periodische Erregerkraefte. In: Getriebetechnik: Tradition und Moderne. Wiss.Zeitscyrift der TV, Dresden; 2001, pp. 65-68.
6. Абдраимова Н.С. Шарнирно-рычажные механизмы с двумя особыми положениями. – Бишкек: Илим, 2009. – 148 с.
7. Абдраимов С., Невеченная Т.О. Построение механизмов переменной структуры и исследование их динамики/ Под ред. О.Д. Алимова. - Фрунзе: Илим, 1990. – 175 с.
8. Кононенко В.О. Колебательные системы с ограниченным возбуждением. – М.: Наука, 1964. - 250 с.
9. Алифов А.А., Фролов К.В. Взаимодействие нелинейных колебательных систем с источниками энергии. – М.: Наука, 1985. – 327 с.
10. Бисембаев К. Математическая модель ортогонального механизма вибростола прессавтомата // Вестник Казахского национального педагогического университета имени Абая. - 2012. - №3(39). – С. 32 – 38.
11. Bissebayev K., Iskakov Zh. Oscillationsoftheorthogonalmechanismwithanon-idealsourceofenergyinthepresence of a load on the operating link. *Mechanism and machine theory*. 2015; 92: 153-170.
12. Bissebayev K., Iskakov Zh. Nonlinear vibrations of orthogonal mechanism ofshaking table. *International Journal of Applied Mechanics and Engineering*. 2014; 19 (3): 487-501.
13. Bissebayev K., Zhamenkeyev Y.K. Study of non-steady process in “Single-acting piston pump – damless pitched-blade hydroturbine” hydrodynamic system. *Mechanics*. 2015; 21(4): 284 – 277.
14. Bissebayev K., Iskakov Zh. Mathematical modeling of The Mechanical system of The Vibrating table with orthogonal movement and Hydraulic turbine with inclined blades.//*Proceedings of ICoEV 2015 International Conference on Engineering Vibration, Slovenia, Ljubljana, 7 - 10 September 2015*, 38 – 47.
15. Тулешов А.К., Бисембаев К., Жаменкеев Е.К. Момент силы и мощность гидротурбины в начале погружении лопасти // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия информатика и информатизация образования. - 2008. - №4 (14). - С.154-161.
16. Найфэ А.Х. Методы возмущений. –М.: «Мир», 1976. –456с.
17. Двайт Г.Б. Таблицы интегралов и другие математические формулы. –М.: «Наука», 1977. –224с.

УДК 534

МРНТИ30.15.27

Қ.Бисембаев¹, Т.Б. Диқамбай², М.Қ. Қазанқапов³

¹тех.ғ.д., Абай атындағы ҚазҰПУ, Математика, физикажәне информатика институтының профессоры, Алматы қ., Қазақстан

^{2,3}Абай атындағыҚазҰПУ, «Физика» мамандығының магистранты, Алматы қ., Қазақстан

ЖҰДЫРЫҚШАСЫНЫҢ ПРОФИЛІ ЖОҒАРЫ РЕТТІ БЕТТЕРМЕН ШЕКТЕЛГЕН ЖҰДЫРЫҚШАЛЫ МЕХАНИЗМ ДИНАМИКАСЫ

Аңдатпа

Механизмдердің жұмыс істеу процесі төмендегідей жүзеге асырылады. Шығыс буындарының қозғалысы ұсынылған заң бойынша қатаң түрде басқа механизмдердің қозғалысымен үйлесе отырып орындалуы қажет. Тағайындалған заңға сәйкес, мұндай есептерді шығару үшін жұдырықша механизмдері неғұрлым қарапайым, сенімді, жинақы және тиімді болуы тиіс. Бұл жұмыста жұдырықшалы механизмнің динамикасы зерттелген. Бұл жұдырықшалы механизмнің профилі жоғары ретті айналу бетімен шектелген. Жоғары ретті айналу бетімен шектелген жұдырықшаның геометриясы тұрғызылған. Жұдырықшалы механизмнің қысым бұрышы анықталып, оның жұдырықша параметрлеріне тәуелділігі тұрғызылған. Жұдырықшалы механизмнің тербелісі зерттеліп, оның резонанстық қисықтары тұрғызылған.

Түйінді сөздер: механизмдер, жұдырықшалы механизм, қысым бұрышы, тербелмелі қозғалыс, резонанстық қисық.

Аннотация

Қ.Бисембаев¹, Т.Б. Діқамбай², М.Қ. Қазанқаров³

¹д.тех.н., профессор Института Математики, физики и информатики при КазНПУ им. Абая,
г. Алматы, Казахстан

^{2,3}магистрант специальности «Физика», КазНПУ им. Абая, г. Алматы, Казахстан

**ДИНАМИКА КУЛАЧКОВОГО МЕХАНИЗМА, ПРОФИЛЬ КОТОРОГО
ОГРАНИЧЕН ПОВЕРХНОСТЯМИ ВЫСОКОГО ПОРЯДКА**

Процесс работы механизмов осуществляется следующим образом. Движение выходных звеньев должно осуществляться в строгом соответствии с движениями других механизмов. Согласно установленному закону, чтобы решать такие задачи, кулачковые механизмы должны быть наиболее простыми, надежными и компактными. В этой работе исследована динамика кулачкового механизма. Профиль кулачка этого механизма ограничен поверхностями вращения высокого порядка. Построена геометрия кулачка, ограниченного поверхностями вращения высокого порядка. Определен угол давления кулачкового механизма и построена его зависимость от параметров кулачка. Исследованы колебания кулачкового механизма и построены резонансные кривые.

Ключевые слова: Механизм, кулачковый механизм, угол давления, колебательные движения, резонансные кривые.

Abstract

Bissembayev K.¹, Dikambay T.B.², Kazankarov M.K.³

¹Dr. Sci. (Engineering) of the Institute of Mathematics, Physics and Informatics at Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

^{2,3}Student of Master Programme in Physics, Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

DYNAMICS OF A CAM MECHANISM WHICH PROFILE IS LIMITED TO HIGHER ORDER SURFACES

The working process of the mechanism is as follows. Movements of output units should be carried out in strict accordance with motions other mechanisms. According to the established law, to solve such problems, the cam mechanisms should be the simplest, reliable and compact. In this work, the dynamics of the cam mechanism is investigated, the profile of the cam mechanism is limited by high-order surfaces of revolution. The cam geometry is built. The angle of the pressure from the cam is determined and dependence of the pressure from the parameters of the cam is built. Oscillations of the cam mechanism are examined and the resonance curves are built.

Keywords: mechanism, a cam mechanism, pressure angle, oscillating movements, the resonance curves.

Кіріспе

Заманауи машиналарға қойылатын маңызды талаптардың бірі – олардың жүргізуші буындары белгілі бір заңдылыққа дәл жауап беретін қозғалысты жүзеге асыруында болып табылады [1].

Жұдырықша механизмі бұл талапты жеңіл, дәл және үнемді орындайды. Жұдырықшалар негізінен барлық машиналарда қолданылады (металл өңдейтін, полиграфиялық, есептеуіш және т.б.). Жұдырықшалы механизм, онымен тікелей байланыста болатын қозғалысты, қозғалтқыш буынға беру үшін қызмет ететін деталь – итергіштен тұрады. Жұдырықша бекітілген болуы мүмкін, сондай-ақ, сол сияқты итермелі қозғалысқа ие болуы немесе тербелмелі қозғалыс жасауы мүмкін. Итергіш тек қана ілгерілемелі немесе тербелмелі қозғалыс жасайды.

Көптеген механизмдердің жұмыс істеу процесі мынадай: шығу буындарының қозғалысы ұсынылған заң бойынша қатаң түрде басқа механизмдердің қозғалысымен үйлесе отырып орындалуы қажет. Мұндай есептерді шешу үшін жұдырықша механизмдері неғұрлым қарапайым, сенімді, жинақы болып табылады. Олардың шығыс буынын жұдырықша деп атайды. Беру функциясы арқылы анықталатын итергіштің қозғалыс заңы жұдырықшаның профилдік түрі арқылы анықталады және оның функционалды қасиеттері, динамикалық вибрациялық сапасы тәуелді болатын жұдырықша механизмінің негізгі сипаттамасы болып табылады [2].

Осы жұмыстың мақсаты жұдырықшасы жоғары дәрежелі бетпен шектелген жұдырықшалы механизмнің геометриялық параметрлерін, динамикалық сипаттамаларын анықтау және механизмнің қозғалысын зерттеу болып табылады.

Жоғары дәрежелі бетпен шектелген жұдырықшалы механизмнің геометриясы

Жұдырықшалы механизмнің бір бөлігі қисықтық радиусы R болатын шеңбердің доғасы, ал қисықтық радиусы минимум болатын жағы

$$y_1 = ax_1^n \quad (1)$$

өрнегімен бейнеленетін жоғары ретті параболамен шектелген болсын деп есептейік (1-сурет). Мұндай жұдырықшалы механизмнің ерекшелігі, центрлі тіректік күштердің маңындағы қисықтық радиусы шексіздікке ұмтылады және симметрия өсінен қашықтаған сайын кемиді, яғни центрлі нүктенің маңында

тіректік бет түзетіледі. $n \rightarrow \infty$ ұмтылғанда, параболалық бет цилиндр формасын қабылдайды. Жұдырықшалы механизмнің айналу өсі арқылы ox_1y_1 , ал профилінің центрі арқылы өтетін ox_1y_1 координаттар жүйесін жүргізейік.

Жұдырықшаның айналу өсінен профилінің центріне дейінгі арақашықтықты H деп белгілейміз. ox_1y_1 және ox_1y_1 координаталар жүйесінің арасындағы байланыс төмендегідей өрнектер арқылы сипатталады:

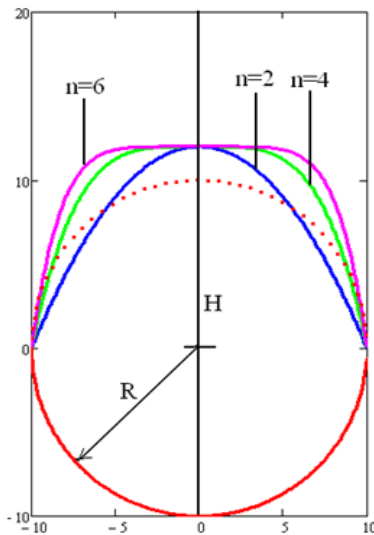
$$\begin{aligned} x &= -x_1 \sin \varphi + y_1 \cos \varphi \\ y &= x_1 \cos \varphi + y_1 \sin \varphi \end{aligned} \quad (2)$$

мұндағы φ -жұдырықшаның айналу бұрышы (сурет 2).

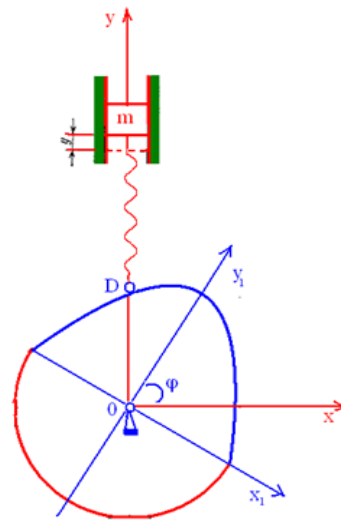
Итергіш жұдырықшамен D нүктесінде жанасатын болсын, сонда D нүктесінің ox_1y_1 жүйесіндегі координатасы $x = 0$, $y = OD$ болады. Онда (2) өрнектен мынаны аламыз:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{y_1}{x_1} \quad (3)$$

$$OD = y_1 \sin \varphi + \frac{y_1}{\operatorname{tg} \varphi} \cdot \cos \varphi = \frac{y_1}{\sin \varphi}$$



Сурет 1. Жұдырықшаның схемасы



Сурет 2. Жұдырықшамен байланысқан координаттар жүйесі

Осыдан

$$y_1 = OD \sin \varphi \quad (4)$$

2-суреттен төмендегідей теңдіктің орындалатынына көз жеткізуге болады:

$$y_1 = H - ax_1^n \quad (5)$$

(3) өрнекті ескеріп, (5) өрнекті мынадай формаға келтіреміз:

$$y_1 \operatorname{tg}^n \varphi = H \operatorname{tg}^n \varphi - ay_1^n \quad (6)$$

(4) өрнекті (6) қойып OD -ға қатысты төмендегідей теңдеуді аламыз:

$$a \cdot (OD)^n \cos^n \varphi + OD \cdot \sin \varphi = H$$

Егер $y_1 = 0$, $x_1 = R$ болса, онда (5) өрнектен мынаны табамыз $a = \frac{H}{R^n}$. Мұны ескеріп, төмендегі теңдеуді жазуға болады:

$$(OD)^n \cos^n \varphi + OD \frac{R^n}{H} \cdot \sin \varphi = R^n \quad (7)$$

Итергіштің төменгі бөлігінің орын ауыстыруы S мынаған тең:

$$S = OD - R \text{ немесе } OD = S + R.$$

Осы өрнекті пайдаланып, (7) теңдеуді мынадай түрде жазамыз:

$$(S + R)^n \cdot \cos^n \varphi + \frac{R^n}{H} \cdot \sin \varphi (S + R) = R^n \quad (8)$$

(8) теңдеу итергіштің төменгі бөлігінің орын ауыстыруы S – ке қатысты n – ші дәрежелі алгебралық теңдеу болып табылады. Бұл теңдеуді аналитикалық әдіспен шешу қиындық тудырады. Сандық әдіспен оның дербес шешімдерін алуға болады.

Егер $S \ll R$ шарты орындалса, онда

$$(S + R)^n = R^n \left(1 + n \cdot \frac{S}{R} \right) \quad (9)$$

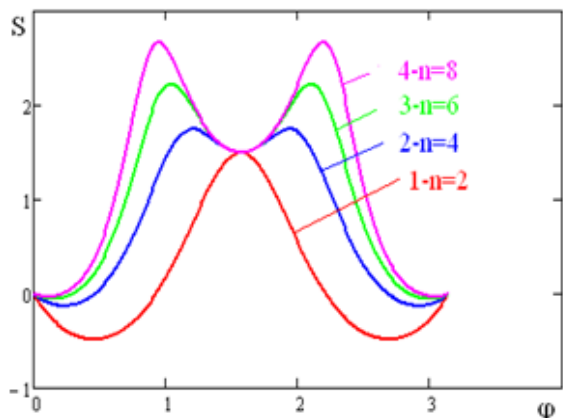
(9) өрнегін ескеріп, (8) теңдеуді мынадай түрде жазайық:

$$\left(n \cos^n \varphi + \frac{R}{H} \sin \varphi \right) \frac{S}{R} = 1 - \cos^n \varphi - \frac{R}{H} \sin \varphi$$

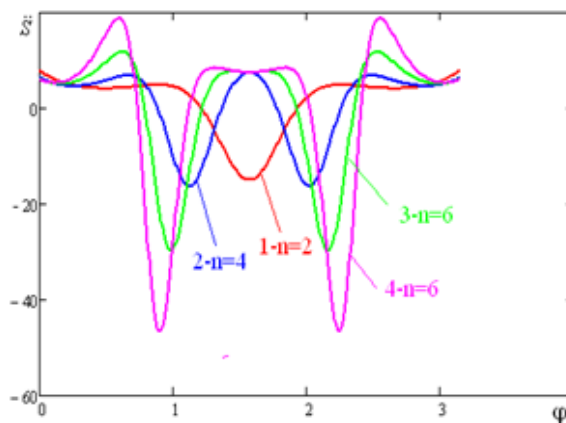
Бұдан,

$$S = R \cdot \frac{1 - \cos^n \varphi - \frac{R}{H} \sin \varphi}{n \cos^n \varphi + \frac{R}{H} \sin \varphi} \quad (10)$$

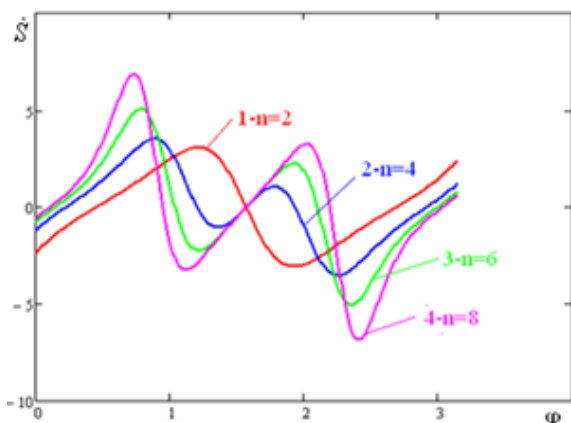
Итергіштің төменгі бөлігінің орын ауыстыруы мен үдеуінің жұдырықшаның айналу бұрышына тәуелділігінің графигі 3-ші және 4-ші суретте көрсетілген. 5-ші және 6-шы суреттерде итергіштің төменгі бөлігі жылдамдығының графигі мен қозғалысының фазалық портреті бейнеленген. Бұдан біз итергіштің төменгі бөлігі күрделі қозғалыс жасайтындығына көз жеткіземіз.



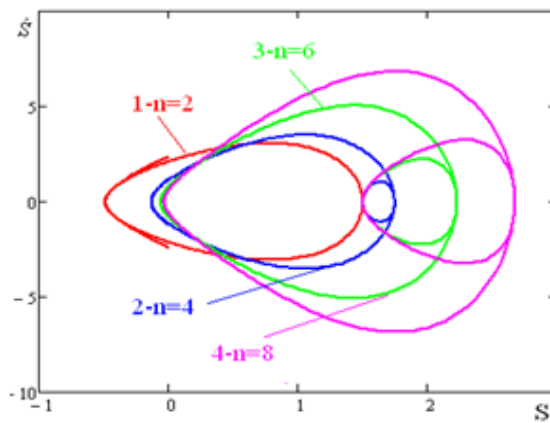
Сурет 3. S - орын ауыстырудың жұдырықшаның айналу бұрышы φ -ге тәуелділігі



Сурет 4. \dot{S} - үдеудің жұдырықшаның айналу бұрышы φ -ге тәуелділігі



Сурет 5. \ddot{S} - жылдамдықтың жұдырықшаның айналу бұрышы φ -ге тәуелділігі



Сурет 6. Итергіштің төменгі бөлігі қозғалысының фазалық портреті

Жұдырықшалы механизмдегі қысым бұрышы

Жетекші буын жетекке еретін буынға түсірілген күш векторының бағытымен жетекке еретін буындағы күш түсірілген нүктенің жылдамдық векторы арасындағы бұрыш α қысым бұрышы деп аталады. Қозғаушы күш бағытының итергіш қозғалысы бағытымен фаза бойынша беттеспеуі итергіштің тірек бағанасымен қиғаш келуіне әкеледі. Қысым бұрышы ұлғайған сайын итергіш бағыттаушыға күшті жабысады, соғұрлым үйкеліс көп болады және ол тез тозады. Қысым бұрышының үлкен мәнінде үйкеліс күші өседі, нәтижесінде итергіш тоқтапқалады. Сыналанытын жағдайдағы қысым бұрышын сыналану бұрышы деп атайды [2].

Центрлі емес роликті итергіштің жалпы жағдайы үшін жұдырықша өлшемінің қысым бұрышының және қозғалыс заңдары түрлерінің арасындағы қатыстарды қарастырайық. Жұдырықшаның айналу бұрышы φ , итергіштің орын ауыстыруы S , ал бұрыштық жылдамдығы ω , итергіштің вертикаль орын ауыстыруы $Z = S_0 + S$, қысым бұрышы α , R_a – тіректік профилдің бастапқы шайбасының радиусы, e – эксцентриситет, r – итергіштің ұшына дейінгі радиус векторы болсын. Теориялық профилдің бастапқы шайбасының радиусы:

$$R_a = (S_0^2 + e^2)^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

Бұрылу бұрышы φ кез келген мәніндегі айналу центрінен итергіштің ұшына дейінгі радиус вектор:

$$r = (R_0^2 + 2S_0S + S^2)^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

және

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{r}{dr / d\varphi} \quad (13)$$

Мұндағы, радиус вектор r мен теориялық профилге жанама арасындағы бұрыш. Осы теңдіктерді шешіп, центрлі емес итергіш үшін қысым бұрышының тангенсін табамыз. Егер эксцентриситет e нөлге тең болса, онда центрлі итергіш үшін қысым бұрышының тангенсі мынаған тең болады:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{Z} \frac{dS}{dt} \quad (14)$$

немесе

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{Z\omega} \frac{dS}{dt} \quad (15)$$

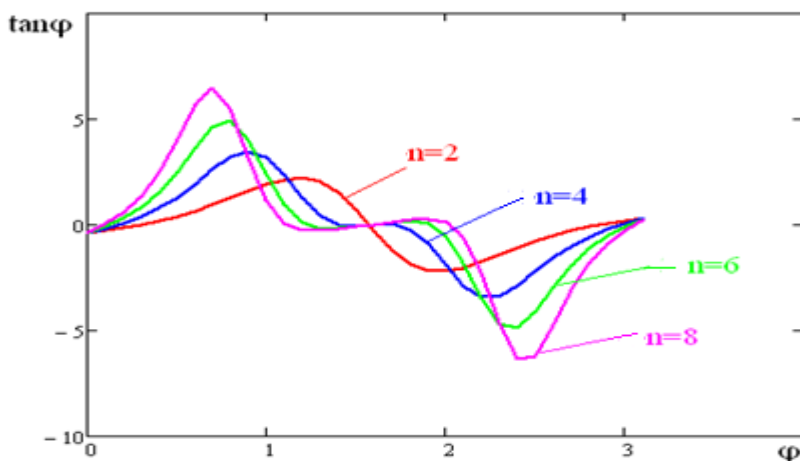
Профилі жоғары дәрежелі бетпен шектелген жұдырықшаның центрлі итергіші үшін қысым бұрышының тангенсін (10) және (15) өрнектерден анықтаймыз және ол мынадай түрде болады:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{(S + R)} \frac{dS}{d\varphi} \quad (16)$$

немесе

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{-(n^2 + 2n - 1) \frac{R}{H} \cos^{n+1} \varphi + n(n+1) \frac{R}{H} \cos^{n-1} \varphi + n^2 \cos^{n-1} \varphi \sin \varphi - \frac{R}{H} \cos \varphi}{[1 + (n-1) \cos^n \varphi] \cdot \left(n \cos^n \varphi + \frac{R}{H} \sin \varphi \right)}$$

7-ші суретте жұдырықшаның қысым бұрышының тангенсінің, жұдырықшаның айналу бұрышына тәуелділігі графигі берілген. Бұдан біз жұдырықшаның профилін құрайтын беттің дәрежесі артқан сайын қысым бұрышының тангенсінің максимум мәні де артатынын көреміз:



Сурет 7. Жұдырықшаның қысым бұрышының тангенсінің, жұдырықшаның айналу бұрышы φ -ге тәуелділігі

Түзу сызықты қозғалатын серпімді итергіші бар, профилі жоғары ретті бетпен шектелген жұдырықшалы механизмнің қозғалысын зерттеу

Серпімді итергіші (шығыс буыны) бар жұдырықшалы механизмнің тербелісін зерттеу үшін бірімді динамикалық модельді қарастырайық (2-сурет), өйткені жұдырықша валының қатаңдығы итергіштің қатындығынан үлкен болады. Бұдан басқа жұдырықшаның ω бұрыштық жылдамдығын тұрақты деп есептейміз. Бұл шарттар орындалғанда механизмнің динамикасы массасы m болатын итергіштің дифференциальдық теңдеуі арқылы анықталады. Итергіштің массасын бір нүктеге (итергіштің жоғарғы шетіне) жинақталған деп есептейміз. Итергіштің серпімді күшінің әсері, m масса мен жұдырықша арасында орналасқан серіппе арқылы көрсетілген.

m массаға, итергіштің жоғарғы шетінің жылдамдығына тура пропорционал болатын F_y үйкеліс күші әсер етеді. Итергіштің (серіппенің) төменгі шеті жұдырықшамен жанасу арқылы қозғалады, яғни итергіштің төменгі шетінің S орын ауыстыруы жұдырықшаның профилі арқылы анықталады. Итергіштің жоғарғы шетінің Y орын ауыстыруы итергіштің серпімділігінің арқасында S орын ауыстыруынан өзгеше болады [3,4].

Динамикалық моделі 2-суретте көрсетілген, түзусызықты қозғалатын серпімді итергіші бар жұдырықшалы механизмнің қозғалыс теңдеуі мынадай түрде болады:

$$m\ddot{y} = c(S - y) - b\dot{y}$$

мұндағы b -кедергі коэффициенті, c - итергіштің қатаңдық коэффициенті.

Бұл қозғалыс теңдеуінің оң жағынакіретін S шама толығымен жұдырықшаның профилі арқылы анықталады және берілген уақыт функциясы болады. $S(t)$ функциясын кинематикалық ұйытқу деп атайды және оның түріне серпімді тербелістің сипаты тәуелді болады.

Сжәне y орын ауыстыруларының модуль бойынша айырмашылығы аз болады, сондықтан механизмдегі тербелістерді қарастырғанда жалпыланған координата ретінде:

$$q = y - S$$

айырымын алған ыңғайлы. Сонда серпімді итергіші бар жұдырықшалы механизмнің қозғалыс теңдеуі мынадай түрде болады:

$$m\ddot{q} + b\dot{q} + cq = -m\ddot{S} - b\dot{S}$$

Серпімді итергіші бар, жоғары дәрежелі бетпен шектелген жұдырықшалы механизмнің қозғалыс теңдеуі кедергі жоқ жағдайда:

$$\ddot{q} + \lambda^2 q = -\ddot{S} \quad (17)$$

түрінде жазылады.

Мұндағы $\lambda^2 = \frac{c}{m}$, S – итергіштің төменгі нүктесінің орын ауыстыруы және (10) өрнекпен анықталады.

S – периодты функция, (17) дифференциалдық теңдеуді шешу үшін S – функциясын Фурье қатарына жіктейміз. Сонда:

$$S(\varphi) = a_0 + a_1 \cos \omega t + b_1 \sin \omega t + a_2 \cos 2\omega t + b_2 \sin 2\omega t + a_3 \cos 3\omega t + b_3 \sin 3\omega t + \dots \quad (18)$$

мұндағы ω - жұдырықшалы механизмнің айналу жылдамдығы.

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} S(\varphi) d\varphi, \quad a_1 = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} S(\varphi) \cos \varphi d\varphi, \quad a_2 = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} S(\varphi) \cos 2\varphi d\varphi, \quad a_3 = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} S(\varphi) \cos 3\varphi d\varphi \quad (19)$$

$$b_1 = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} S(\varphi) \sin \varphi d\varphi, \quad b_2 = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} S(\varphi) \sin 2\varphi d\varphi, \quad b_3 = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} S(\varphi) \sin 3\varphi d\varphi, \quad \varphi = \omega t$$

$S(\varphi)$ – функциясы (10) өрнекпен анықталады:

$$\ddot{S} = -a_1 \omega^2 \cos \omega t - b_1 \omega^2 \sin \omega t + 4a_2 \omega^2 \cos 2\omega t - 4b_2 \omega^2 \sin 2\omega t - 9a_3 \omega^2 \cos 3\omega t - 9b_3 \omega^2 \sin 3\omega t + \dots \quad (20)$$

Белгілеулер енгізейік:

$$Q_1 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2}, \quad Q_2 = \sqrt{a_2^2 + b_2^2}, \quad Q_3 = \sqrt{a_3^2 + b_3^2}$$

$$a_1 = Q_1 \cos \theta, \quad b_1 = Q_1 \sin \theta, \quad a_2 = Q_2 \cos 2\theta,$$

$$b_2 = Q_2 \sin 2\theta, \quad a_3 = Q_3 \cos 3\theta, \quad b_3 = Q_3 \sin 3\theta \quad (21)$$

Жаңа белгілеулер арқылы (20) өрнекті жазайық:

$$\ddot{S} = -Q_1 \omega^2 \cos(\omega t + \theta) - 4Q_2 \omega^2 \cos 2(\omega t + \theta) - 9Q_3 \omega^2 \cos 3(\omega t + \theta) \quad (22)$$

(17) дифференциалдық теңдеуге (22) өрнекті қоямыз, сонда:

$$\ddot{q} + \lambda^2 q = Q_1 \omega^2 \cos(\omega t + \theta) + 4Q_2 \omega^2 \cos 2(\omega t + \theta) + 9Q_3 \omega^2 \cos 3(\omega t + \theta) \quad (23)$$

(23) дифференциалдық теңдеудің шешімін, мынадай түрде іздейміз:

$$q = A_1 \cos(\omega t + \theta) + A_2 \cos 2(\omega t + \theta) + A_3 \cos 3(\omega t + \theta) \quad (24)$$

(23) өрнекті (24) теңдеуге қойып және $\cos(\omega t + \theta)$, $\cos 2(\omega t + \theta)$, $\cos 3(\omega t + \theta)$,

тригонометриялық функцияның алдындағы коэффициенттерді топтастырып және оларды нольге теңестіру арқылы мынадай теңдеу аламыз

$$(\lambda^2 - \omega^2)A_1 = Q_1 \omega^2,$$

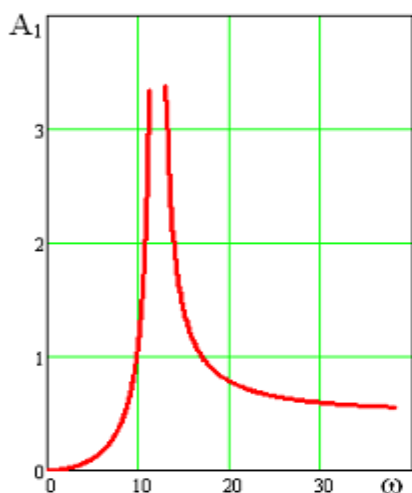
$$(\lambda^2 - 4\omega^2)A_2 = 4Q_2 \omega^2,$$

$$(\lambda^2 - 9\omega^2)A_3 = 9Q_3 \omega^2$$

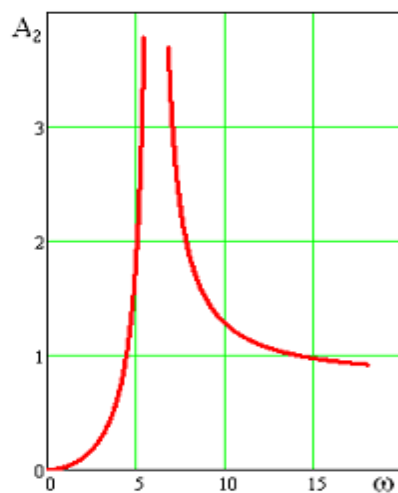
Осыдан мынаны табамыз:

$$A_1 = \frac{\omega^2}{\lambda^2 - \omega^2} Q_1, \quad A_2 = \frac{4\omega^2}{\lambda^2 - 4\omega^2} Q_2, \quad A_3 = \frac{9\omega^2}{\lambda^2 - 9\omega^2} Q_3 \quad (25)$$

(25) өрнек арқылы бірінші, екінші және үшінші гармониялардың резонанстық қисығын тұрғызуға болады және олар 8-ші және 9-шы суреттерде көрсетілген.

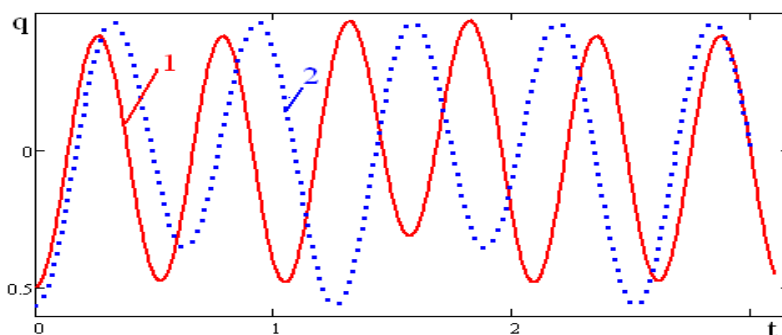


Сурет 8. Жұдырықшалы механизм тербелісінің бірінші гармониясының резонанстық қисығы



Сурет 9. Жұдырықшалы механизм тербелісінің екінші гармониясының резонанстық қисығы

Жұдырықшалы механизм тербелісінің графигі 10-шы суретте берілген.



Сурет 10. Жұдырықшалы механизм тербелісінің графигі

Қорытынды

Зерттеу жұмыстарын жүргізу барысында: профилі жоғарғы дәрежелі беттермен шектелген жұдырықша механизмiнiң геометриялық параметрлерi, динамикалық сипаттамасы анықталды. Жұдырықшалы механизм тербелісінің резонанстық қисығы тұрғызылды.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Вульфсон И.И. Динамические расчеты цикловых механизмов. - Л.: Машиностроение. 1976
2. Левитский Н.И. Теория механизмов и машин. - М: Наука, 1979
3. Левитский Н.И. Колебания в механизмах. - М: Наука, 1988, с.336.
4. Бисембаев К., Дикамбаев Т.Б. Колебания в кулачковом механизме при законе изменения ускорения толкателя по параболе высокого порядка. //Вестник КазНПУ им. Абая Сер. «Физ.-мат. науки». - 2015. -№1(49). -122-129.

УДК 539.3:532.546:660.47
ГРНТИ30.19.23

Е.Т. Божанов¹, А.Н. Дадаева²

¹д.ф.-м.н., ассоциированный профессор КазНПУ им. К.И.Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

²к.ф.-м.н., ассоциированный профессор КазНПУ им. К.И.Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ТРУБЧАТОЙ КОНСТРУКЦИИ В ТЕОРИИ НЕЛИНЕЙНЫХ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ ЗА ПРЕДЕЛОМ УПРУГОСТИ

Аннотация

В статье рассмотрена трубчатая конструкция с переменными параметрами за пределом теории упругости под действием перерезывающей силы Q_x

Дифференциальное уравнение решается методом упругих решений Ильюшина А.Ю. При этом учитываются различные характерные потери устойчивости трубчатых конструкций. Рассмотрены различные задачи поперечного колебания трубчатой конструкции и получены общие решения этих задач. Подбор функции изменения жесткости поперечного сечения зависит от композиции материала матрицы, наполнителя и связующего «брикета». Новая константа материала типа континуума Коссера определяется с учетом распространения волны в среде технологического процесса прессования. В качестве примера рассмотрена устойчивость трубчатой конструкции из композиции порошкового материала под действием перерезывающей силы. На графиках приведены численные результаты изгиба трубчатой конструкции под действием перерезывающих сил.

Ключевые слова: трубчатая конструкция, теории упругости, метод упругих решений, перерезывающие силы

Аңдатпа

Е.Т. Божанов¹, А.Н. Дадаева²

¹ф.-м.г.д., Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университетінің қауым. профессоры,
Алматы қ., Қазақстан

²ф.-м.г.к., Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университетінің қауым. профессоры,
Алматы қ., Қазақстан

СЕРПІМДІЛІК ЕСКЕРІЛМЕГЕН ЖАҒДАЙДАҒЫ СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС СТЕРЖЕНЬДЕР ЖҮЙЕСІ ТЕОРИЯСЫ АРҚЫЛЫ ТҮТІКШЕ БОЛЫП КЕЛГЕН ҚҰРЫЛЫМНЫҢ ОРНЫҚТЫЛЫҒЫН ЕСЕПТЕУ

Мақалада айнымалы параметрлі Q_x күшінің әсерінен болатын серпімділік теориясы ескерілмеген жағдайдағы түтікше болып келген құрылым қарастырылады. Дифференциалдық теңдеу А.Ю. Ильюшиннің серпімді шешім әдісімен шығарылады. Бұдан түтікше болып келген құрылымның орнықтылығына тән әртүрлі шығындар ескеріледі.

Түтікше болып келген құрылымдағы көлденең толқынның әртүрлі есептері қарастырылған және осы есептердің ортақ шешімі алынды. Көлденең қиманың қатандығының өзгеру функциясын іріктеу "брикетті" байланыстырушының, матрица материалының қоспасына және толықтырғышқа тәуелді. Материалдың Коссер континуумы тәрізді жана тұрақтысы сығу технологиялық процесі өтетін ортадағы толқынның таралуын ескеру арқылы анықталады. Мысал ретінде бөлу күшінің әсерімен ұнтақ тәрізді материал қоспасындағы түтікшелі құрылымның тұрақтылығы қарастырылды. Графикте бөлу күшінің әсерінен түтікше құрылымының иілуінің сандық нәтижелері келтірілген.

Түйінді сөздер: түтікшекелген конструкция, серпімді аймақ негіз теориясы, айнымалы параметрлер, белсенді күш, болу күші.

Abstract

Bozhanov Y.T.¹, Dadayeva A.N.²

¹Dr. Sci. (Phys.-Math), Associate Professor of K.I. Satpayev Kazakh National
Research Technical University, Almaty, Kazakhstan

²Cand. Sci. (Phys.-Math), Associate Professor of K.I. Satpayev Kazakh National
Research Technical University, Almaty, Kazakhstan

CALCULATION OF STABILITY OF TUBULAR CONSTRUCTION IN THE THEORY OF NON-LINEAR ROD SYSTEMS BEYOND THE ELASTICITY LIMIT

In the present article tubular construction with variable parameters beyond a limit of the theory of elasticity under the influence of pererezyvayushchy force Q_x is considered. The differential equation is solved by method of elastic decisions of Ilyushin A. Yu. At the same time different characteristic losses of stability of tubular constructions are considered. Different tasks of cross oscillations of tubular construction are considered and the common decisions of these tasks are received. As an example stability of tubular construction from composition of powder material under the influence of pererezyvayushchy force is considered. On diagrams numerical results of a bend of tubular construction under action the pererezyvayushchikh of forces are given.

Key words: tubular construction, theories of elasticity, method of elastic decisions, pererezyvayushchy force

Рассмотрим трубчатую конструкцию с переменными параметрами за пределом теории упругости под действием перерезывающей силы Q_x :

$$Q_x = \frac{d\mu_{yx}}{dx} = \int_{z_1}^{z_2} \sigma_{xz} (1 + kz) dz = -2B \frac{d^3 w}{dx^3}$$

Дифференциальное уравнение центральной оси (Эйлеровский стержень) поперечного сечения возьмем в виде:

$$M_{из}(x) = k \varepsilon(x), \quad M(x) = \int_{\delta} \sigma_{xz} z dz,$$

где $\varepsilon(x) = \int_{(\delta)} \frac{\delta_i}{\varepsilon_i} z^2 dz$ - изменение жесткости поперечного сечения, k - кривизна кривой изогнутой оси при малых деформациях.

Момент напряжения по горизонтальным осям имеет вид: $\mu_{yx} = 4B\chi_{xy}$

где χ_{xy} - кривизна кривой поперечного сечения в плоскости Ozx . При этом $\mu_{yx} = -2B \frac{d^2 w}{dx^2}$, а B - новая константа материала трубчатой конструкции типа континуума Коссера, имеющая размерность силы, отнесенную так же, как и интенсивность критической нагрузки q_k .

В частности, в пределах теории упругости по А.Ю. Ильюшину:

$$EI \frac{d^2 w}{dx^2} = -M(x) - \frac{3}{2} M(x) \left(\frac{dw}{dx} \right)^2 + A \sin \frac{\pi x}{L} \frac{d^2 w}{dx^2}$$

с учетом геометрической и физической нелинейностей, уравнение решается с использованием метода упругих решений Ильюшина А.Ю.

При этом возможны следующие характерные потери устойчивости трубчатых конструкций:

1. При действии неравномерного активного критического давления – q_k с уравнением задачи об выпучивании с прогибом [1]-[3]:

$$\frac{d^2}{dx^2} \left[\varepsilon(x) \frac{d^2 w}{dx^2} \right] = q_k \tag{1}$$

где

$$q_k = \lambda_k \frac{N}{Q} \gamma^2 + \frac{1}{1 + \lambda'_k \gamma^2} \left(\frac{h}{R} \right)^2 \left(\frac{R}{L} \right), \tag{2}$$

здесь λ_k – коэффициент искажения формы поперечного сечения, γ – волновое число в продольном направлении, λ'_k – коэффициент формы нелинейных деформационных процессов, $N = N(\gamma, a, b)$, $Q = Q(\gamma, a, b)$ – приведенные анизотропные характеристики конструкции с дисперсионным соотношением a , фазовой скоростью b .

Дифференциальное уравнение (1) приводится к дифференциальному уравнению с разделенными переменными вида:

$$\varepsilon(x) \frac{d^2 w}{dx^2} = q_k (C_1 x + C_2) \tag{3}$$

Общее решение исходного уравнения имеет вид:

$$w(x) = q_k \left[\int \left(\int \frac{C_1 x + C_2}{\varepsilon(x)} dx \right) + C_3 x + C_4 \right] \tag{4}$$

Отсюда можно указать фундаментальные решения.

Задача 1. Если $\varepsilon(x) = \frac{D}{1-x}$, то дифференциальное уравнение имеет вид:

$$\frac{d^2}{dx^2} \left[\varepsilon(x) \frac{d^2 w}{dx^2} \right] = q_k (3x^2 - 6x + 2)$$

имеем решение:

$$w(x) = \frac{q_k}{2520D} \left[x^4 (210 - 252x + 105x^2 - 15x^3) + 21x^3 (3x^2 - 15x + 20) C_1 + \right. \\ \left. + 420x^2 (3 - x) C_2 + 2520 C_3 x + 2520 C_4 \right]$$

1. Задачи поперечного колебания трубчатой конструкции рассмотрены были ранее в работах [1]-[3]:

$$\frac{d^2}{dx^2} \left[\varepsilon(x) \frac{d^2 w}{dx^2} \right] = 0 \quad (5)$$

Общее решение имеет вид:

$$w(x) = C_1 + C_2 x + C_3 \varphi(x) + C_4 \psi(x), \quad (6)$$

где

$$\varphi(x) = \int_a^b \frac{|x-t|}{\varepsilon(t)} dt, \quad \psi(x) = \int_a^b \frac{|x-t|t}{\varepsilon(t)} dt \quad (7)$$

Фундаментальные решения:

$$g(x, \xi) = \frac{|x-\xi|}{x-\xi} \int_{\xi}^x \frac{(x-t)(t-\xi)}{2\varepsilon(t)} dt \quad (8)$$

При этом рассматриваются следующие краевые условия:

А) $w(x) \Big|_{x=L}^{x=0} = \frac{dw}{dx} \Big|_{x=L}^{x=0} = 0$ (жесткое закрепление или сжатый конец или скользяще закрепленный край);

В) $\frac{d^2 w}{dx^2} \Big|_{x=L}^{x=0} = w(x) \Big|_{x=L}^{x=0} = 0$ (опертый или шарнирно закрепленный край);

С) $\frac{d^2 w}{dx^2} \Big|_{x=L}^{x=0} = \frac{d^3 w}{dx^3} \Big|_{x=L}^{x=0} = 0$ (свободный край)

При соответствующих граничных условиях построим обобщенную функцию Грина.

Задача 2. Если $\varepsilon(x) = Dx^3$, то обобщенное решение (5) будет иметь вид:

$$w(x) = C_1 + C_2 x + \frac{C_3}{x} + C_4 \ln|x|,$$

а фундаментальное решение имеет вид:

$$g(x, \xi) = \frac{|x^2 - \xi^2|}{4x\xi} - \frac{1}{2} \ln \left| \frac{x}{\xi} \right|$$

Задачи выпучивания трубчатой конструкции под действием перерезывающей силы:

$$\frac{d^2}{dx^2} \left[\varepsilon(x) \frac{d^2 w}{dx^2} + 2B \frac{dw}{dx} \right] = q_k \quad (9)$$

Общее решение:

$$w(x) = \int \left\{ e^{-2B \int \frac{dx}{\varepsilon(x)}} \left[q_k \int \frac{\frac{x^2}{2} + C_1 x + C_2}{\varepsilon(x)} e^{2B \int \frac{dx}{\varepsilon(x)}} dx \right] \right\} dx + q_k [C_3 x + C_4] \quad (10)$$

Задача 3. Если $\varepsilon(x) = \frac{D}{1-x}$ и математическая модель с учетом начального напряжения и неровностей

описывается уравнением: $\frac{d^2}{dx^2} \left[\varepsilon(x) \frac{d^2 w}{dx^2} + 2B \frac{dw}{dx} \right] = q_k (3x^2 - 6x + 2)$,

$$\begin{aligned} \text{то } w(x) = & \frac{q_k}{D} \frac{1}{30} \left\{ 2 \left(\frac{D}{2B} \right)^3 \left[\left(\frac{B}{D} \right)^2 (3x^2 - 15x + 20)x^2 + 10 \left(\frac{B}{D} \right) (x-3)x + 30 \right] - \right. \\ & - 15 \left(\frac{D}{2B} \right)^2 \left[\left(\frac{B}{D} \right) (x-2)x + 2 \right] C_1 + 30 \left(\frac{D}{2B} \right) C_2 - 15 \left(\frac{D}{2B} \right)^2 \left[\left(\frac{B}{D} \right) (x-2)x + 2 \right] C_1 + 30 \left(\frac{D}{2B} \right) C_2 \left. \right\} x + \\ & + \frac{q_k}{D} \left[\int e^{-\frac{2B}{D}x} e^{\frac{B}{D}x^2} dx C_3 + C_4 \right]. \end{aligned}$$

здесь в третьем приближении имеем:

$$\int e^{-\frac{2B}{D}x} e^{\frac{B}{D}x^2} dx \approx x - \frac{B}{D}x^2 + \left(\frac{B}{D} \right)^2 x^3 - \frac{1}{2} \left(\frac{B}{D} \right)^3 x^4 + \frac{1}{2} \left(\frac{B}{D} \right)^4 x^5 - \frac{1}{6} \left(\frac{B}{D} \right)^5 x^6 + \frac{1}{7} \left(\frac{B}{D} \right)^6 x^7 \quad (11)$$

4. Рассмотрим устойчивость трубчатой конструкции под действием перерезывающей силы:

$$\frac{d^2}{dx^2} \left[\varepsilon(x) \frac{d^2 w}{dx^2} + 2B \frac{dw}{dx} \right] = 0 \quad (12)$$

Общее решение имеет вид:

$$w(x) = \int \left\{ e^{-2B \int \frac{dx}{\varepsilon(x)}} \left[\int \frac{C_1 x + C_2}{\varepsilon(x)} e^{2B \int \frac{dx}{\varepsilon(x)}} dx \right] \right\} dx + C_3 x + C_4 \quad (13)$$

Задача 4. Если $\varepsilon(x) = 2Bx^2 - 1$ и математическая модель имеет вид:

и математическая модель: $\frac{d^2}{dx^2} \left[\varepsilon(x) \frac{d^2 w}{dx^2} + 4B^2 x \frac{dw}{dx} \right] = C_1 x + C_2$,

$$(ax^2 - 1) \frac{d^2 w}{dx^2} + 2a^2 x \frac{dw}{dx} = C_1 x + C_2, \text{ где } a = 2B$$

то общее решение однородной части: $(ax^2 - 1) \frac{d^2 w_0}{dx^2} + 2a^2 x \frac{dw_0}{dx} = 0, a = 2B$,

есть функция: $w_0(x) = \overline{C_3} + \overline{C_4} \ln \left| \frac{ax+1}{ax-1} \right|$

Общее решение исходного дифференциального уравнения:

$$\begin{aligned} w(x) = & 2a^2 \int \frac{C_1 x + C_2}{ax^2 - 1} \left| \frac{ax-1}{ax+1} \right| \frac{1}{(ax^2 - 1)^2} \ln \left| \frac{ax+1}{ax+1} \right| dx - \\ & - 2a^2 \ln \left| \frac{ax+1}{ax-1} \right| \times \int \frac{C_1 x + C_2}{ax^2 - 1} \left| \frac{ax-1}{ax+1} \right| \frac{1}{(ax^2 - 1)^2} dx + C_3 + C_4 \ln \left| \frac{ax+1}{ax-1} \right| \end{aligned}$$

4.1. В качестве примера рассмотрим устойчивость трубчатой конструкции из композиции порошкового материала под действием перерезывающей силы

Математическая модель с учетом начального напряжения и неровностей [4]:

$$\frac{d^2}{dx^2} \left[\varepsilon(x) \frac{d^2 w}{dx^2} + 2B \frac{dw}{dx} \right] = -a \quad (14)$$

где $\varepsilon(x) = \frac{D}{1-x}$, a - отклонение от фундаментальных решений.

Решение. Из (14) получим следующее соотношение:

$$\frac{d^2w}{dx^2} + 2 \frac{B}{\varepsilon(x)} \frac{dw}{dx} = \frac{\left(x - \frac{x^2}{2}\right)C_1 + C_2}{\varepsilon(x)}, \text{ при } a = C_1 \quad (15)$$

Введем следующие обозначения:

$$\frac{dw}{dx} = y, \quad \frac{dy}{dx} + 2 \frac{B}{\varepsilon(x)} y = \frac{\left(x - \frac{x^2}{2}\right)C_1 + C_2}{\varepsilon(x)} \quad (16)$$

Уравнение (16) есть линейное неоднородное уравнение первого порядка. Общее решение имеет следующий вид:

$$y = e^{-2B \int \frac{dx}{\varepsilon(x)}} \left[\int \frac{\left(x - \frac{x^2}{2}\right)C_1 + C_2}{\varepsilon(x)} e^{2B \int \frac{dx}{\varepsilon(x)}} dx + C_3 \right] \quad (17)$$

тогда

$$w(x) = \int \left\{ e^{-2B \int \frac{dx}{\varepsilon(x)}} \left[\int \frac{\left(x - \frac{x^2}{2}\right)C_1 + C_2}{\varepsilon(x)} e^{2B \int \frac{dx}{\varepsilon(x)}} dx + C_3 \right] dx + C_4 \right\} \quad (18)$$

так как $\varepsilon(x) = \frac{D}{1-x}$, $\varepsilon(x) = \frac{D}{1-x}$, то из (18) получим:

$$w(x) = -\frac{1}{2} \left(\frac{D}{2B} \right)^2 \left[\left(\frac{B}{D} \right) (x^3 - 2x^2) + 2x \right] C_1 + \left(\frac{D}{2B} \right) x C_2 + C_3 \int e^{-\frac{B}{D}(2x-x^2)} dx + C_4 \quad (19)$$

Причем, возможно:

$$\int e^{-\frac{B}{D}(2x-x^2)} dx = x - \frac{B}{D} \left(x^2 - \frac{x^3}{3} \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{B}{D} \right)^2 \left(\frac{4}{3} x^3 - x^4 + \frac{1}{5} x^5 \right) - \frac{1}{6} \left(\frac{B}{D} \right)^3 \left(2x^4 - \frac{12}{5} x^5 + x^6 - \frac{x^7}{7} \right) + \dots \quad (20)$$

При рассмотрении устойчивости под действием перерезывающей силы краевые условия и условия контакта (под нагрузкой) должны быть следующие:

$$\begin{cases} \frac{dw}{dx} \Big|_{x=0} = 0, \frac{d^3w}{dx^3} \Big|_{x=0} = \frac{q_k}{2D} & (\text{условие поднагрузки}) \\ w(x) \Big|_{x=L} = 0, \frac{d^2w}{dx^2} \Big|_{x=L} = 0 & (\text{на расстоянии } L \text{ опертый край}) \end{cases} \quad (21)$$

На расстоянии L возможно жесткое или свободное закрепление.

Подставляя (19) при условии (20) в (21), получим:

$$\begin{aligned} w(x) = & \frac{1}{840} \left(\frac{q_k}{B} \right) \frac{1}{\Delta} \left\{ 210 \left(\frac{D}{B} \right)^2 \left[\left(\frac{B}{D} \right) (x-2)x + 2 \right] \left[(L-1) + \left(\frac{B}{D} \right) L(L^2 - 3L + 2) \right] x + \right. \\ & \left. + 210 \left[\left(\frac{D}{B} \right)^2 \left[2(L-1) + 2 \left(\frac{B}{D} \right) L(L^2 - 3L + 2) \right] - (3L-2) \right] \right\} + \end{aligned} \quad (22)$$

$$\begin{aligned}
 & + (3L-2) \left[210 - 70 \left(\frac{B}{D} \right) (3-x)x + 7 \left(\frac{B}{D} \right)^2 x^2 (3x^2 - 15x + 20) - \left(\frac{B}{D} \right)^3 x^3 (70 - 84x + 38x^2 - 5x^3) \right] + \\
 & + 210 \left(\frac{D}{B} \right) L \left[2(L-1) + \left(\frac{B}{D} \right) L (3L^2 - 10L + 7) + \left(\frac{B}{D} \right)^2 L^2 (L-3)(L^2 - 3L + 2) \right] - \\
 & - 420L \left[(L-1) + \left(\frac{B}{D} \right) (L^2 - 3L + 2)L \right] - 210L(3L-2) - 7(3L-2) \left[30 - 90 \left(\frac{B}{D} \right) (3L-1)L + \left(\frac{B}{D} \right)^2 L^3 (3L^2 - 15L + 20) \right]
 \end{aligned}$$

где $\Delta = 1 - \frac{B}{D} (3L^3 - 9L^2 + 12L - 4)$.

Пусть распространение волны в порошковой среде с учетом начальных напряжений и неровностей имеет вид $w(x) = \sin kx$, где $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ волновое число, λ длина волны. Тогда из исходного дифференциального уравнения имеем:

$$B = \frac{D}{2} k \operatorname{tg} kx, \quad q_k = 9k^3 \frac{1 + \operatorname{tg}^3 kx}{\operatorname{tg} kx} \quad (23)$$

С учетом (23) при $L=1$, $0 < x < 1$, с асимптотами функции $\operatorname{tg} x$ при $0 < x < (m+1/2)$, $0 < \frac{R}{L} < 1$ из (22) получим:

$$\begin{aligned}
 w(x) = & \frac{1}{840} \left(\frac{q_k}{B} \right) \frac{1}{1 - 2 \left(\frac{B}{D} \right)} \left[\left(\frac{B}{D} \right)^2 (5x^3 - 38x^2 + 84x - 70) + \right. \\
 & \left. + 7 \left(\frac{B}{D} \right) (3x^3 - 21x^2 + 50x - 40) + 70(x - 3) \right] \quad (24)
 \end{aligned}$$

здесь:

$$\left(\frac{B}{D} \right) = \{0,085; 0,09\}, \quad \left(\frac{q_k}{B} \right) = \{0,0125; 0,20\}; \quad x = \{0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9\} \quad (25)$$

На графиках 1, 2 приведены численные результаты расчета изгиба трубчатой конструкции под действием перерезывающих сил.

Анализ графиков показывает, что при данных значениях параметров, что при

$$\left(\frac{B}{D} \right) = 0,085 \text{ и } \left(\frac{B}{D} \right) = 0,09, \text{ изгибы конструкции мало отличаются друг от друга.}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Данные для графика 1. } \left(\frac{q_k}{B} \right) = \{0,0125; 0,250; 0,05; 0,1; 0,2\}; \quad \left(\frac{B}{D} \right) = 0,085 \\
 x = \{0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9\}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Данные для графика 2. } \left(\frac{q_k}{B} \right) = \{0,0125; 0,250; 0,05; 0,1; 0,2\}; \quad \left(\frac{B}{D} \right) = 0,09 \\
 x = \{0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9\}
 \end{aligned}$$

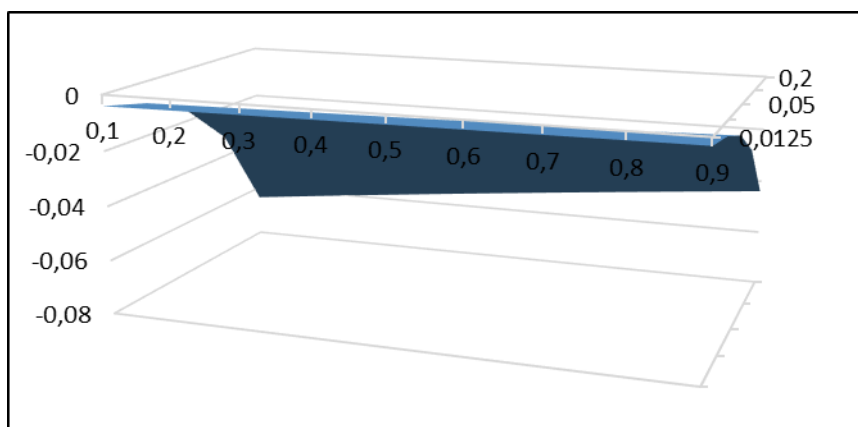


График 1. Изгиб трубчатой конструкции

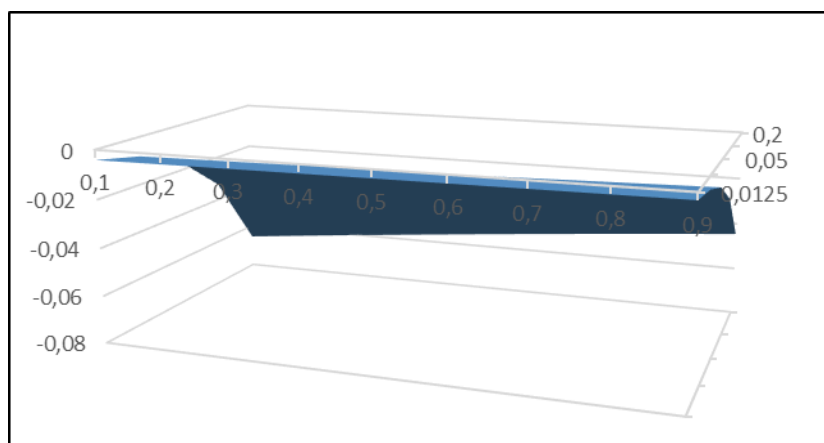


График 2. Изгиб трубчатой конструкции

Заключение

1. Расчет устойчивости трубчатых конструкций за пределом теории упругости под действием перерезывающей силы приведет к более общему варианту решения задач 1 – 4 с учетом начального напряжения и неровностей технологии изготовления материала.

2. Подбор функции изменения жесткости поперечного сечения зависит от композиции материала матрицы, наполнителя и связующего «брикета» – $\varepsilon(x) \varepsilon(x)$.

3. Новая константа материала типа континуума Коссера определяется с учетом распространения волны в среде технологического процесса прессования, а уточнение после процесса спекания (случай 2).

4. При расчете устойчивости на левом конце задается условие под нагрузкой

$$\left. \frac{d^3 w}{dx^3} \right|_{x=0} = \frac{q_k}{2D}, \text{ а на правом конце строят обобщенные функции Грина в следующих краевых}$$

условиях:

I – жесткое закрепление или сжатый или скользяще заделанный край;

II – опертый или шарнирно закрепленный торец;

III – свободный край.

Список использованной литературы:

1. Божанов Е.Т., Ержанов Ж.С. Исследование проблем устойчивости упругих тел, гибких пластин и оболочек, и их приложения. - Алматы, 2001. – 325 с.

2. Божанов Е.Т., Отарбаев Ж.О., Буганова С. Математическое моделирование геомеханических процессов. - Алматы, 2015. – 145с.

3. Дадаева А.Н., Божанов Е.Т., Акимжанова Ш.А., Курмангали А.М. Об одной модели технологии усадки порошкового материала при неподвижной матрице, II Международная научно-практической конференция «Информационные и телекоммуникационные технологии». - Алматы, 2015, - КазНТУ.

4. Братухин А.Г., Сироткин О.С., Сабодаш П.Ф., Егоров В.Н. Материалы будущего и их удивительные свойства, - М., Машиностроение, 1995. – 125 с.

УДК 539.17
МРНТИ 11.25.41

Н.Буртебаев¹, М. Насурлла², С.Б. Сакута³, К. Мукашев⁴

¹д.ф.-м.н., профессор, Институт Ядерной Физики, Алматы, Казахстан

²PhD докторант, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

³д.ф.-м.н., Национальный исследовательский центр «Курчатовский Институт», Москва, Россия

⁴д.ф.-м.н., профессор, Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГОГО РАССЕЯНИЯ УСКОРЕННЫХ ИОНОВ ²⁰Ne НА ЯДРАХ ¹⁶O ПРИ ЭНЕРГИЯХ НИЖЕ КУЛОНОВСКОГО БАРЬЕРА

Аннотация

Были измерены угловые распределения упругорассеяния ионов ²⁰Ne на ядрах ¹⁶O. Энергии налетающих ионов составили 1,5 и 1,75 МэВ/нуклон. Измерения были выполнены на ускорителе ДЦ-60 Института Ядерной Физики (Астана, Казахстан). При энергии 30 МэВ сечения плавно спадают с увеличением угла рассеяния. При энергии 35 МэВ наблюдаются осцилляции в угловом распределении и подъем сечения. Анализ данных был выполнен в рамках оптической модели ядра, фолдинг модели и метода связанных каналов.

Ключевые слова: упругое рассеяние, оптический потенциал, передача кластера, метод связанных каналов.

Аңдатпа

Н.Буртебаев¹, М. Насурлла², С.Б. Сакута³, Қ. Мұқашев⁴

¹ф.-м.ғ.д., Ядролық физика институтының профессоры, Алматы, Қазақстан

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің PhD докторанты, Алматы, Қазақстан

³ф.-м.ғ.д., «Курчатовский Институт» Ұлттық зерттеулер орталығы, Мәскеу, Ресей

⁴ф.-м.ғ.д., Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университетінің профессоры, Алматы, Қазақстан

КУЛОНДЫҚ ТОСҚАУЫЛДАН ТӨМЕН ЭНЕРГИЯ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ ҮДЕТІЛГЕН ²⁰Ne ИОНДАРЫНЫҢ ¹⁶O ЯДРОЛАРЫНАН СЕРПІМДІ ШАШЫРАУЫН ЗЕРТТЕУ

²⁰Ne иондарының ¹⁶O ядроларымен соқтығысуының серпімді шашырауының бұрыштық таралуы өлшенген. Ұшып шыққан иондардың энергиясы 1,5 және 1,75 МэВ/нуклон болды. Эксперименттік өлшеу нәтижелері Ядролық физика институтының (Астана, Қазақстан) ДС-60 үдеткішін пайдалану арқылы алынды. 30 МэВ энергияда ықтималдық кимасы шашырау бұрышына байланысты баяу төмендейді. 35 МэВ энергияда бұрыштық таралудың осцилляциясы байқалады, ықтималдық кимасының артуы байқалады. Нәтижелерді талдау ядроның оптикалық моделі, фолдинг-модель, байланысқан арналар әдісі арқылы жүргізілді.

Түйінді сөздер: серпімді шашырау, оптикалық потенциал, кластерлерді тасымалдау, байланысқан арналар моделі.

Abstract

Burtebayev N. ¹, Nassurlla M. ², Sakuta S.B. ³, Mukashev K. ⁴

¹Dr. Sci. (Phys.-Math), Prof., Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

²PhD student, al-Farabi KazNU, Almaty, Kazakhstan

³Dr. Sci. (Phys.-Math), National Research Center «Kurchatov Institute», Moscow, Russia

⁴Dr. Sci. (Phys.-Math), Prof., Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

STUDY OF THE ELASTIC SCATTERING OF ACCELERATED ²⁰NE IONS ON ¹⁶O NUCLEI AT ENERGIES BELOW COULOMB BARRIER

The angular distributions were measured for elastic scattering of ²⁰Ne ions on ¹⁶O nuclei. The energy of incident ions was 1.5 and 1.75 MeV/nuc. The measurements were carried out at DC-60 accelerator at Institute of Nuclear Physics (Astana, Kazakhstan). The cross section decreases smoothly with increasing scattering angle at energy 30 MeV. The oscillations in the angular distribution and enhancement of the cross section were observed at energy 35 MeV. The data analysis was performed in framework of the optical model, folding model and coupled channel model.

Keywords: elastic scattering, optical potential, cluster transfer, the method of coupled channels.

Введение. Характерной особенностью упругого рассеяния неона на ядрах кислорода при энергиях выше кулоновского барьера является аномальное возрастание сечений под обратными углами рассеяния [1-6]. Описание подъема сечения под обратными углами при энергии 50 МэВ в работе [6] было достигнуто с учетом вклада механизма упругой передачи альфа-кластера в полное сечение процесса рассеяния. При анализе уточненных данных при этой энергии [7] использовался модифицированный

оптический потенциал с глубокой реальной частью для описания подъема сечения реакции в задней полусфере. Значительное улучшенное описание дифференциальных сечений упругого рассеяния в полном угловом диапазоне было получено в рамках метода связанных каналов с учетом вклада упругой передачи альфа кластера в сечение рассеяния [8]. В данной работе исследовано поведение упругого рассеяния ионов ^{20}Ne на ядрах ^{16}O при энергиях ниже кулоновского барьера. Экспериментальные данные по упругому рассеянию для данной системы были измерены на циклотроне ДЦ-60 (Астана, Казахстан) при энергиях $E_{\text{lab}}=30$ и 35 МэВ.

Эксперимент. На ускорителях ДЦ-60 РГП ИЯФ были измерены дифференциальные сечения упругого рассеяния ионов ^{20}Ne на ядрах ^{16}O при энергиях 1,5 и 2,5 МэВ/нуклон в интервале углов от 10^0 до 60^0 в лаб. системе координат с погрешностью не более 10 %. В эксперименте использовалась ΔE - E методика регистрации и идентификации продуктов ядерных реакций, основанная на одновременном измерении удельных потерь энергии заряженной частицы в веществе dE/dx и ее полной кинетической энергии E . В основе этого метода лежит уравнение Бете-Блоха, связывающее длину пробега заряженной частицы с ее удельной ионизацией в веществе. В качестве мишеней использовались тонкие алундные пленки (Al_2O_3) толщиной 30-40 мкг/см². На рисунке 1 представлены энергетические спектры выхода рассеянных ионов ^{20}Ne на ядрах ^{16}O , ^{27}Al и ядер отдачи ^{16}O .

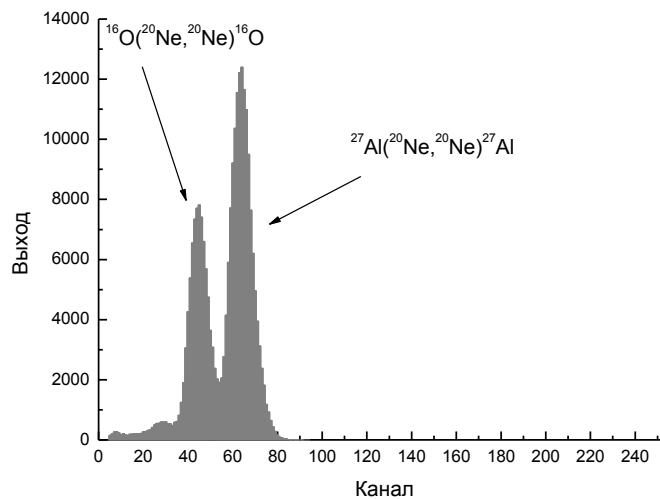


Рисунок 1. Спектр упругого рассеяния ионов ^{20}Ne на алундной пленке (Al_2O_3), измеренный при угле 24^0 и энергии $E_{20\text{Ne}}=1,75$ МэВ/нуклон

Теоретический анализ упругого рассеяния ионов ^{20}Ne на ядрах ^{16}O в рамках оптической модели ядра и фолдинг-модели

Оптический потенциал (ОП) можно записать в виде:

$$U(r) = V_c(r) - V(r) - i(W_v(r) + W_s(r)) \quad (1)$$

Первый член представляет собой кулоновский потенциал. Так как рассеяние не чувствительно к конкретной форме распределения заряда и, следовательно, нет никакой необходимости учитывать его диффузный край, то для практических целей достаточно брать кулоновский потенциал равномерно заряженной сферы.

В качестве ядерного берется потенциал Вудса-Саксона с таким набором феноменологических параметров, при котором достигается наилучшее согласие с экспериментом, или потенциал, вычисленный теоретически на основе фундаментального нуклон-нуклонного взаимодействия – фолдинг потенциал (ФП).

В первом случае действительная часть задается в виде

$$V(r) = V_0 \left[1 + \exp\left(\frac{r - R_V}{a_V}\right) \right]^{-1} \quad (2)$$

мнимая объемная

$$W_V(r) = W_0 \left[1 + \exp\left(\frac{r - R_W}{a_W}\right) \right]^{-1} \quad (3)$$

Как видно отсюда, радиальная зависимость ядерного потенциала определяется Вудс-Саксоновским формфактором вида

$$\left[1 + \exp\left(\frac{r - R_i}{a_i}\right) \right]^{-1},$$

где R_i и a_i – соответствующие радиус и диффузность, характеризующая скорость спадания потенциала. Вудс-Саксоновская параметризация соответствует предположению, что межядерное взаимодействие соответствует распределению плотности нуклонов в ядре мишени. Параметры оптического и фолдинг потенциала приведены в таблице.

Таблица 1. Параметры оптического потенциала и фолдинг-потенциала (ФП)

Наборы потенциалов	E , МэВ	V_0 , МэВ	r_0 , ФМ	a_0 , ФМ	W_0 , МэВ	r_w , ФМ	a_w , ФМ	N_r
ОП	30	110,0	1,2	0,49	20,00	1,2	0,32	
ФП					20,00	1,2	0,32	1,0
ОП	35	115,0	1,2	0,49	25,00	1,2	0,32	
ФП					25,00	1,2	0,32	1,0

Полумикроскопическая фолдинг модель [9] (модель свертки) определения потенциала взаимодействия сложных частиц с ядрами исходит из относительно хорошо известной информации о нуклон-нуклонных силах и распределении плотности ядерной материи. Эффективные силы могут быть определены заведомо сверткой нуклон-нуклонных сил с плотностью распределения вещества либо частицы, либо ядра-мишени. В общем случае потенциал взаимодействия налетающей частицы с ядром имеет вид:

$$V(\vec{R}) = \iint \rho(\vec{r}) \rho(\vec{r}_A) V(|\vec{r} + \vec{R} + \vec{r}_A|) d\vec{r} d\vec{r}_A, \quad (4)$$

где R – относительное расстояние между центром масс сталкивающихся систем;

$\rho(\vec{r})$ и $\rho(\vec{r}_A)$ – плотности распределения ядерного вещества в налетающей частице и ядре A ;

$V(|\vec{r} + \vec{R} + \vec{r}_A|)$ – эффективное взаимодействие между нуклонами налетающей частицы и ядра.

Для плотностей распределения нейтронов и протонов в ядрах-мишенях применяется фермиевское распределение с параметрами, определяемыми для протонов из рассеяния электронов на этих ядрах. Геометрические параметры для нейтронных распределений берутся такими же, как и для протонных распределений. Плотности нормируются соответственно на число протонов и нейтронов в ядрах. Построенный в таком подходе фолдинг-потенциал (ФП) вставляется в общее выражение для ОП:

$$U(r) = NV_F(r) - iW_0 f(r, r_w, a_w) + V_C(r), \quad (5)$$

С помощью этого функционал производится подгонка к экспериментальным данным. Потенциал свертки умножается на фактор N , и полный потенциал имеет, таким образом, четыре параметра (N, W_0, r_w, a_w). Для «хорошего» потенциала $N \approx 1$.

Результаты анализа экспериментальных данных по упругому рассеянию ионов ^{20}Ne на ядрах ^{16}O при

энергиях 1,5 и 1,75 МэВ в рамках оптической модели и фолдинг модели представлены на рисунках 2 и 3. Видно, что сечения, рассчитанные по фолдинг модели, коррелируют с сечениями, вычисленными по оптической модели, и дают схожее описание эксперимента.

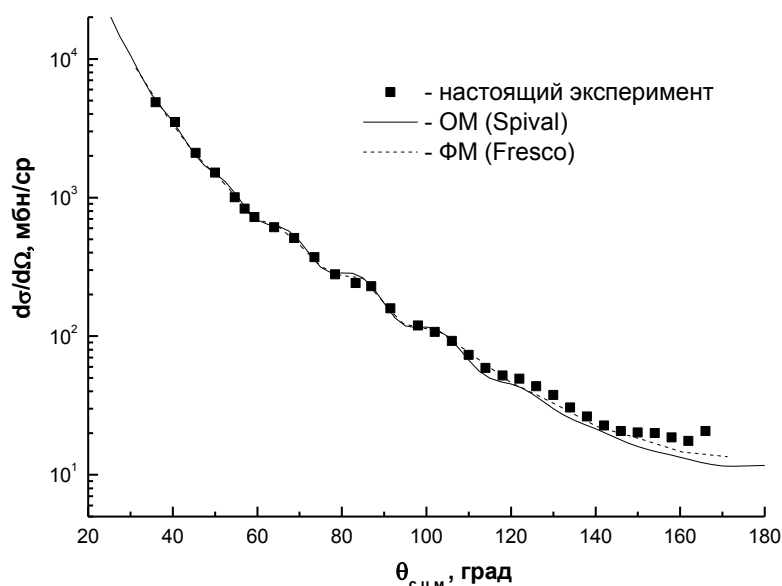


Рисунок 2. Анализ упругого рассеяния ионов неона на ядрах кислорода при энергии 1,5 МэВ/нуклон. Квадраты – экспериментальные данные; сплошная линия – сечения, рассчитанные в рамках оптической модели ядра; штриховая линия – сечения, рассчитанные в рамках фолдинг модели

Как видно из рисунков 2 и 3, теоретические сечения удовлетворительно описывают экспериментальные данные в полном угловом диапазоне лишь для энергии 1,5 МэВ/нуклон. При энергии 1,75 МэВ/нуклон в области средних и больших углов рассеяния расхождение экспериментальных данных с теорией значительное, что говорит о том, что здесь сечения, помимо чисто потенциального рассеяния, формируют обменные механизмы.

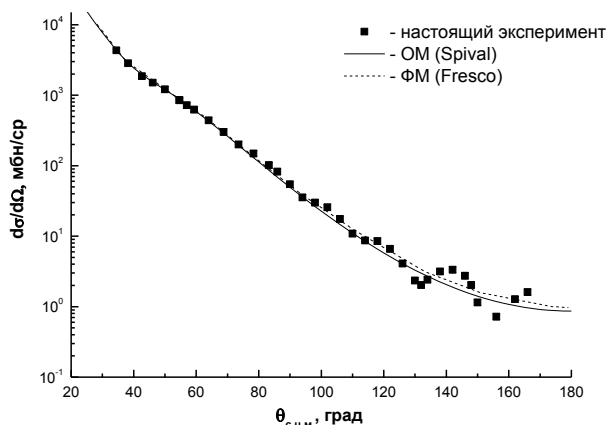


Рисунок 3. Анализ упругого рассеяния ионов неона на ядрах кислорода при энергии 1,75 МэВ/нуклон. Квадраты – экспериментальные данные; сплошная линия – сечения, рассчитанные в рамках оптической модели ядра; штриховая линия – сечения, рассчитанные в рамках фолдинг модели

Теоретический анализ взаимодействия ионов ^{20}Ne с ядрами ^{16}O при энергии 1,75 МэВ в рамках метода связанных каналов реакций. Учет обменного механизма передачи кластеров проводился в рамках метода связанных каналов реакций с использованием программы FRESCO [10]. В этом методе система из A нуклонов, представленная во входном канале конфигурацией $A = A_p + A_t$, заменяется N связанными

системами с разбиением их на два кластера ($A = A_{p',k} + A_{t',k}$). Здесь индексы p и t относятся соответственно к налетающей частице и ядру-мишени, а индекс k меняется от 1 до N . Полная волновая функция в этом случае представляется в виде суммы произведений пар внутренних базисных волновых функций кластеров $\varphi_{pk}, \varphi_{tk}$ и волновой функции Φ_k , описывающей относительное движение кластеров в канале k :

$$\Psi = \sum_{k=1}^N \varphi_{pk} \varphi_{tk} \Phi_k(\mathbf{R}_k), \quad (5)$$

где \mathbf{R}_k – радиус-вектор между фрагментами в канале k . Соответствующие относительной волновой функции $\Phi_k(\mathbf{R}_k)$ радиальные функции $f_\alpha(R_k)$ находятся решением системы связанных уравнений:

$$\begin{aligned} [E_k - T_{kL}(R_k) - U_k(R_k)] f_\alpha(R_k) = \sum_{\alpha', \lambda > 0} i^{(L'-L)} V_{\alpha\alpha'}^\lambda(R_k) f_{\alpha'}(R_k) + \\ + \sum_{\alpha', \lambda > 0} i^{(L'-L)} \int_0^{R_m} V_{\alpha\alpha'}(R_k, R_{k'}) f_{\alpha'}(R_{k'}) dR_{k'}, \end{aligned} \quad (6)$$

где

$$T_{kL}(R) = -\frac{\hbar^2}{2\mu_k} \left(\frac{d^2}{dR^2} - \frac{L(L+1)}{R^2} \right), \quad (7)$$

(7) – оператор кинетической энергии. Величина α является обобщенным индексом, включающим номер канала k и квантовые числа – спины налетающей частицы и ядра-мишени (J_p, J_t), парциальная волна (L) и полный спин (J_T), т.е. $\alpha = (k, (LJ_p)J, J_t; J_T)$; $U_k(R_k)$ – потенциал взаимодействия в канале k , включающий ядерную и кулоновскую части; E_k – асимптотическая кинетическая энергия канала k : $E_k = E + Q_k - \varepsilon_{pk} - \varepsilon_{tk}$, где $Q_k, \varepsilon_{pk}, \varepsilon_{tk}$ – Q -реакции и энергии возбуждения в канале k ; $V_{\alpha\alpha'}^\lambda(R_k)$ – локальное взаимодействие для переходов в дискретные состояния ядер с мультипольностью λ (переданный орбитальный момент); $V_{\alpha\alpha'}(R_k, R_{k'})$ – нелокальное взаимодействие, связывающее каналы с передачей одного или большего количества нуклонов. Анализ упругого рассеяния ионов ^{20}Ne ядрами ^{16}O при энергии 1,75 МэВ в рамках метода связанных каналов представлен на рисунке 4.

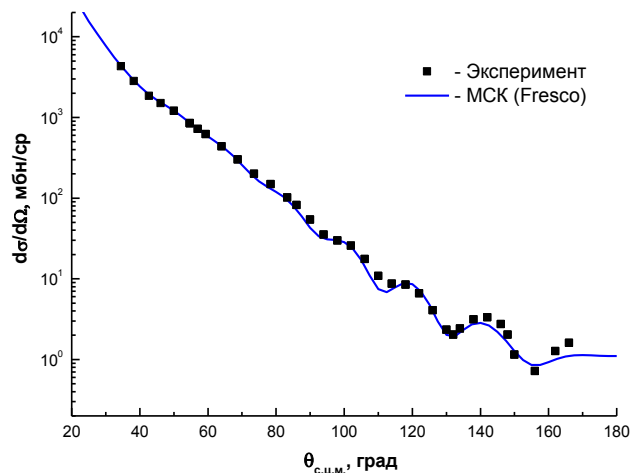


Рисунок 4 – Анализ упругого рассеяния ионов неона на ядрах кислорода при энергии 1,75 МэВ/нуклон.

Квадраты – экспериментальные данные; сплошная линия – сечения, рассчитанные в рамках метода связанных каналов реакций

Геометрические параметры потенциала (радиус и диффузность) для канала реакции имели фиксированные значения: $r = 1,25$ Фм, $a = 0,65$ Фм. Кластерные спектроскопические амплитуды ($S_A = 0,55$), найденные из подгонки расчетных сечений к экспериментальным данным неплохо согласуются

теоретическими кластерными амплитудами $S_A = 0,55$, рассчитанными в рамках трансляционно-инвариантной модели.

Из приведенных данных видно, что учет механизма передачи альфа-кластера в процессе упругого рассеяния для энергий 1,75 МэВ/нуклон позволил воспроизвести экспериментальные данные в полном угловом диапазоне. Для энергии 1,5 МэВ/нуклон влияние данного механизма не существенен, поскольку в этом случае сечения формирует чисто потенциальное рассеяние.

Заключение. Из анализа экспериментальных данных в рамках оптической модели ядра найдены семейства оптических потенциалов взаимодействия. Дополнительный анализ в рамках фолдинг модели позволил устранить неоднозначности и выявить оптимальные, физически обоснованные параметры оптического потенциала. Показано, что фолдинг потенциалы и феноменологические оптические потенциалы, установленные в рамках оптической модели, коррелируют между собой и дают схожее описание эксперимента.

В рамках метода связанных каналов проведен анализ упругого рассеяния с учетом вклада механизма передачи альфа-кластера, который показал, что при увеличении энергии налетающих ионов влияние данного механизма на формирование сечений в области больших углов рассеяния возрастает. При энергиях ниже 1,75 МэВ/нуклон данный механизм можно не учитывать.

Список использованной литературы:

1. Yang Y.X., Li Q.R. Elastic $^{16}\text{O}+^{20}\text{Ne}$ scattering from a folding model analysis. // *Physical Review C*. – 2011. – Vol.84., – P.014602-014615.
2. Kondo Y., Robson B.A., Smith R. Resonant structures in the $^{16}\text{O}+^{20}\text{Ne}$ system // *Nuclear Physics A*.-1983.-V. 410.-P289-316
3. Gao C., Kondo Y., Robson B.A. Analysis of resonant structures in the $^{16}\text{O}+^{20}\text{Ne}$ system using a deep optical potential and LSNO model. // *Nuclear Physics A*. – 1991. – Vol.529. – P.234-242.
4. Shapira D., DiGregorio D., Gomes del Campo J., Dayras R.A., Ford J.L.C., Snell A.H., Stelson P.H. Fusion and peripheral processes in the collisions of $^{20}\text{Ne}+^{20}\text{Ne}$ and $^{20}\text{Ne}+^{16}\text{O}$. // *Physical Review C*. – 1983. – Vol.28., – No.3, – P.1148-1160.
5. Frohlich H., Shimoda T., Ishihara M., Nagatani K. Alpha-Transfer Reactions with Large Energy Transfers. // *Physical Review Letters*. – 1979. – Vol.42., – No.23, – P.11518-1520.
6. Stock R., Jahnke U., Hendrie D.L., Mahoney J., Maguire C.F., Schneider W.F.W., Scott D.K., Wolschin G. Contribution of alpha cluster exchange to elastic and inelastic $^{16}\text{O}+^{20}\text{Ne}$ scattering. // *Physical Review C*. – 1976. – Vol.14., – No.5, – P.1824-1831.
7. Burtebayev N., Nassurlla M., Alimov D., Artemov S.V., Mussaev J.M. Optical and coupled-channels description of $^{20}\text{Ne}+^{16}\text{O}$ elastic scattering // *Journal of Physics: Conference Series*, Volume 590, Number 012056, 2015
8. Complex analysis of scattering $1p$ -shell nuclei in the framework of coupled channel method// M Nassurlla, N Burtebayev, A Duisebayev, N. Burtebayev., C Spitaleri, A Urkinbayev, K Rusek, E Piasecki, S Kliczewski, A Trzcinska, S B Sakuta, I Boztosun, S V Artemov and L I Galanina// *Journal of Physics: Conference Series*, Volume 703, Number 012022, 2016
9. Sing P.P., Schwandt P., Yang C.C. Folding model analysis of elastic scattering. // *Physical Letters B*. – 1975. – Vol.59. – P.113-117.
10. Thompson Ian J. Coupled reaction channels calculations in nuclear physics // *Comput. Phys. Rep.* – 1988. – Vol. 7. – P. 167-212.

ОЖ 687.1.016
МРНТИ64.33.14

Д.Ә. Кинжебаева¹, М.Д. Әділ²

¹т.ғ.к., Абай атындағы ҚазҰПУ, Математика, физика және информатика институтының доценті,
Алматы қ., Қазақстан

²Абай атындағы ҚазҰПУ, «Кәсіптік оқыту» мамандығының магистранты, Алматы қ., Қазақстан

КОМПАС КОМПЬЮТЕРЛІК ПРОГРАММАСЫН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ЖАЗДЫҚ КӨЙЛЕК ҚҰРАСТЫРУДЫҢ БАЗАЛЫҚ НЕГІЗІ

Аңдатпа

Компьютерлік технология заманында машиналық графика экономикада, электроникада, машина жасауда, ақпараттық технологиялар саласында кеңінен қолданылуда. Автоматты жобалау жүйесі – еңбекті жеңілдетіп қана қоймай, жобалау процесінің тиімділігін арттырады. Машиналық графика сызбалардың жылдам орындалуын, дәлдігінің жоғарылауын, сызба сапасының жоғарылауын қамтамасыз етіп қана қоймай, сызбаларды бірнеше рет қолдануға мүмкіндік береді. Бұл мақалада NanoCad, Valentina, «Закройщик», Optitex 11, Компас, Redcafe сияқты компьютерлік программалардың қысқаша сипаттамасы келтірілген, олардың артықшылықтары мен кемшіліктері көрсетілген. Аталған программалар әртүрлі тігін бұйымдарының үлгісін салуға арналған. Компас жүйесі пайдаланушыға объектіні жеңіл енгізуге, түзетуге мүмкіндік беретін құралдармен жабдықталған. Жаздық көйлек үлгісін салу есебінің формуласы келтірілген. Компас программасының көмегімен жаздық көйлек құрастырудың негізгі үлгісі құрылған. Дайын бұйымның суреті көрсетілген.

Түйінді сөздер: Компьютерлік технология, компьютерлік программа, машиналық графика, сызба, тігін бұйымдары, көйлектің негізгі үлгісі.

Аннотация

Д.Ә. Кинжебаева¹, М.Д. Әділ²

¹к.т.н., доцент Института Математики, физики и информатики при КазНПУ им. Абая, г. Алматы, Казахстан

²магистрант специальности «Профессиональное обучение» КазНПУ им. Абая, г. Алматы, Казахстан

ПОСТРОЕНИЕ БАЗОВОЙ ОСНОВЫ ЛЕТНЕГО ПЛАТЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ КОМПАС

В эпоху компьютерных технологий машинная графика широко используется в областях экономики, электроники, изготовлении машин, информационных технологиях. Машинная графика, способствует не только быстрому выполнению чертежей, повышенной точности, повышению качества чертежа, но и позволяет несколько раз использовать чертеж. В данной статье приводится краткое описание компьютерных программ, как NanoCad, Valentina, «Закройщик», Optitex 11, Компас, Redcafe, показаны их преимущества и недостатки. Данные программы предназначены для построения выкроек различных швейных изделий. Система Компас состоит из инструментов дающих пользователю легкий ввод объекта и возможность его исправления. Приведены формулы расчеты для построения выкройки летнего платья. С помощью программы Компас построена основа выкройки летнего платья. Показана фотография готового изделия.

Ключевые слова: Компьютерные технологии, компьютерная программа, машинная графика, чертеж, швейные изделия, основа выкройки платья.

Abstract

Kinzhebayeva D.A.¹, Adil M.D.²

¹Cand. Sci.(Engineereing), Associate Professor of the Insitute of Mathematics, Physics and Informatics at Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

²Student of Master Programme in Professional Education, Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

BUILDING A BASIC SUMMER DRESS BASE USING THE COMPASS PROGRAM

In the era of computer technology, computer graphics are widely used in the fields of economics, electronics, machine manufacturing, information technology. Machine graphics, contributes not only to the rapid implementation of drawings, increased accuracy, improved quality of the drawing, but also allows several times to use the drawing. This article provides a brief description of the software as NanoCad, Valentina, «Cutter», Optitex 11, Compass, Redcafe, shows their advantages and disadvantages. These programs are designed to build patterns of various garments. The Compass system consists of tools that give the user easy input of the object and the possibility of its correction. The formulas for the calculation of building pattern summer dress. With this program, the foundation built Compass pattern summer dress. Shows a photo of the finished product.

Keywords: Computer technologies, computersoftware, computer graphics, drawing, garments, base pattern dress.

Кіріспе

Қазіргі кезде киім үлгілерін пішу мен модельдеуге арналған компьютерлік программалардың түрлері өте көп, мысалы, NanoCad, Valentina, «Закройщик», Optitex 11, Компас, Redcafe.

Компьютерлік программа – бұл белгілі бір алгоритмді жүзеге асыру мақсатында мәліметтер өңдеу жүйесінің нақты құраушыларын (компьютерді) басқаруға арналған мәліметтер тізбегі немесе орындалуға (өңделуге) тиіс реттелген командалар тізбегі, есеп шығару алгоритмін сипаттайтын программалау тілінің сөйлемдер жиыны [1]. Есеп шығаруға, сондай-ақ берілген мәселені шешуге арналған, қабылданған синтаксиске сәйкес жазылған компьютер командаларының (нұсқауларының) реттелген тізбегі болып табылады. Сонымен қатар, программалар мен олардың үзінділеріне, бағыныңқы программаларға, процедураларға, программалық модульдерге, машиналық программалар мен олардың үзінділеріне арналған жалпы атау [2].

Көйлек конструкциясы негізінің сызбасын жасауға арналған компьютерлік программаларға шолу.

Nanocad (Нанокад). Бұл программада киім үлгілерін пішу мен модельдеуге арналған сурет ретінде рәсімделетін үлгілерді құруға болады. Нанокад – автоматтандырылған жобалау жүйесінің программасы. Бұл программаның кемшілігі әрбір жаңа үлгіні әрбір адам денесіне (жаңа тапсырыс берушіге) жаңадан құру керек. Құрастыру кезінде өзінің формуласын енгізуге және сақтауға мүмкіншілігі болмайды. Программаның ең ыңғайлылығы біз өзіміздің сызбамызды оңай көбейте аламыз және ары қарай программада үлгіні модельдей аламыз [3].

Valentina (Валентина). Valentina программасы негізінде үлгі негіздерін құруға арналған. Онда модельдеуге мүмкіншілік болмайды, параметрлік лекалоларды құру мүмкіндігі бар. Үлгіні салу қиындау болғанымен, оны бір рет салсаңыз жеткілікті болады [4].

Redcafe. Бұл программа жаңадан тіге бастаған әуесқой тігіншілерге өте қызықты. Программамен жұмыс істегенде үлгіні мүлдем салмауға да болады. Онда модельдеуге және өзгертуге болатын негізгі үлгілер көрсетілген. Сонымен қатар, Бурда журналының үлгілер базасын жүктеп алуға болады. Бұл база аддон деп аталады. Осы негіздерді орнатқаннан кейін, біз программада ұсынылатын журнал шығарылымдарының кез келген үлгісін ашуға болады. *Redcafe* – киім үлгілерін пішу мен модельдеудің автоматтандырылуына арналған кәсіби компьютерлік программа болып табылады. Программа бірегей өзінің қарапайымдылығымен және мүмкіндіктерімен танымал (киімнің автоматтандырылған жобалау жүйесі) [5].

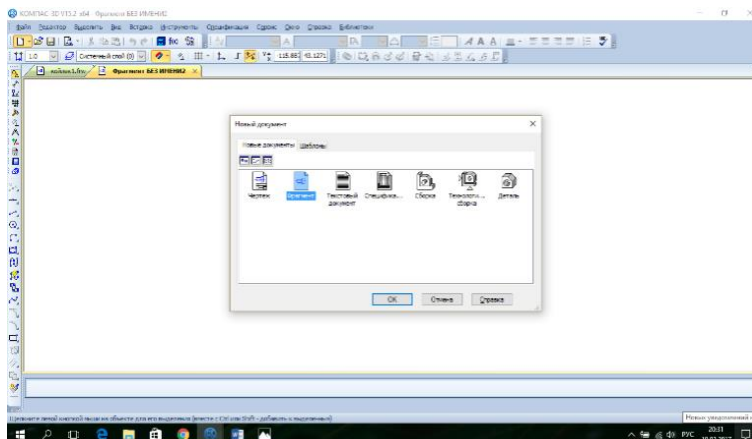
«Закройщик» программасы. Бұйым негіздерін автоматты түрде құрудың түсінікті және қарапайым программасы. Ең алдымен ұсынылған қажетті негіз таңдалады, содан соң өзінің өлшемі мен қосымша қойылады және программа лезде бізге дайын үлгіні береді. Бұл программа үлгілерді конструктор Павлова Нина Иосифовнаның әдістемесі бойынша салады. Программада біз модельдей алмаймыз. Дайын үлгілер басып шығарылады, парақтар желімделіп, содан кейін ғана дайын үлгілерді "қолмен" модельдеуге болады.

Optitex 11. «Валентина» программасы сияқты параметрлік лекалоларды құруға болады. Үлгіні құру алгоритмі құрылады, ол программада жазылады. Біз үлгіні программада жазылып отырған іс-әрекеттеріміз бен формулалардың көмегімен саламыз. Кейіннен біз осы алгоритм үшін жай ғана басқа айнымалыларды (өлшем, қосымша және т.б.) енгіземіз, ал программа автоматты түрде басқа өлшемдегі үлгіні береді. Optitex программасының «Валентина» программасынан айырмашылығы виртуалды 3D манекен бойынша дайын үлгіні өлшеуге және модельдеуге бірегей мүмкіндігі бар [6].

Графис (САПР Grafis). Онда мата және трикотаждан тігілген киімдерді, бас киімдерді кіріктірілген негіздері бойынша автоматты түрде құру мүмкіндігі бар. Сонымен қатар, базалық конструкцияны кез келген конструкциялау әдістемесі бойынша конструкциялауға және сақтауға болады: ЕМКО, ЦОТШЛ, «М.Мюллер и сын» және т.б. Өзгерістерді енгізуге, градация құралдарының көмегімен бөлшектерді көбейтуге және модельдеуге, тігіске қосымша қосуға болады. Модельдеудің екі нұсқасын: автоматты және қолмен қолдануға болады. Программа тіпті дайын қағаз үлгілерімен жұмыс істеуге мүмкіндік береді. График сызбалар форматы барлық қазіргі заманғы автоматтандырылған жобалау жүйесінің программаларымен үйлесімді [7].

«КОМПАС - 3D V15» программасындағы орындалған жұмысты қарастырайық.

Аталған программада жұмыс жасау өте ыңғайлы, жеңіл, әрі жылдам [8, 9]. «КОМПАС - 3D V15» программасын іске қосу үшін *Іске қосу* → *Программалар* → КОМПАС АСКОН → КОМПАС командалар тізбегін орындағанда экранда программаның құжат ашу терезесі пайда болады (1-сурет).



Сурет 1. «КОМПАС - 3D V15» программасының терезесі

Компас программасын іске қосамыз және **Файл → Құру → Фрагментін таңдаймыз.**

«КОМПАС - 3D V15» программасы: сызба, үзінді, мәтіндік құжат, еркін айрықшалау, құрастыру, бөлшекқұжаттарынан құралады.

Көйлектің артқы бойының қолтық ойындысының сызығы мен мойын ойындысын салу үшін формуладағы параметрлерге:

$$\frac{1}{2} \text{ Өлшем} + 0,2 \text{ см} = 2,2 \text{ см}$$

$$\frac{1}{6} \text{ Өлшем} = 8 \text{ см}$$

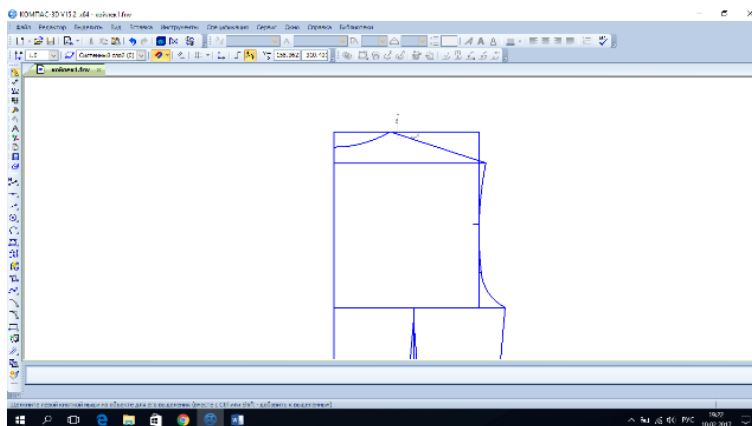
$$\frac{1}{2} \text{ Иықтың ені} = 21,7 \text{ см}$$

$$\frac{1}{8} \text{ Бой} + \frac{1}{24} \text{ Өлшем} + 1,7 = 25,2$$

$$\frac{1}{4} \text{ Кеуде айналымы} - 1 + \frac{\text{Қосымша}}{4} = 24,5 \text{ см}$$

$$\frac{1}{4} \text{ Мықын айналымы} - 1 + \frac{1}{4} \text{ Қосымша} = 26,25 \text{ см мәндерін береміз.}$$

Алынған нәтижелер бойынша көйлектің артқы бойының төменгі бөлігін, мықын және бел сызығын тауып, иық сызығын сызамыз (2-сурет).

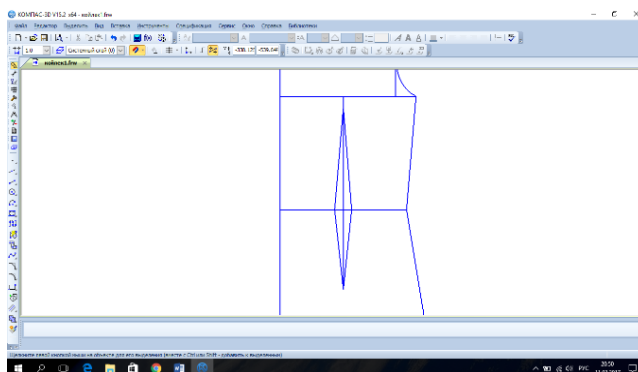


Сурет 2. Көйлектің артқы бойының қолтық ойындысы сызығының салынуы

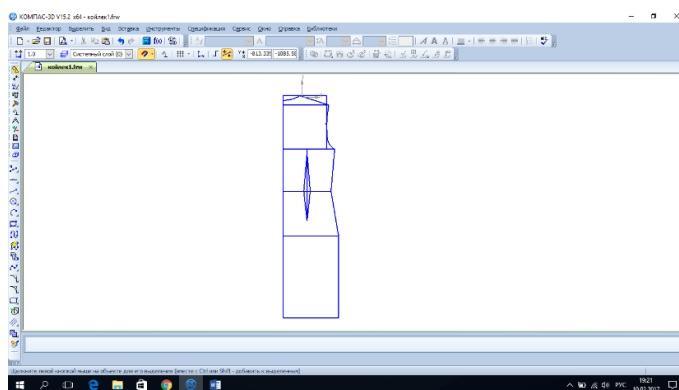
Көйлектің артқы бойының бүкпесін саламыз (3, 4-сурет).

$$\frac{1}{4} \text{ Бел айналымы} - 1 + 3 + \frac{1}{4}$$

$$\text{Қосымша} = 1,5 \text{ см}$$



Сурет 3. Көйлектің артқы бойының бүкпесінің сызбасы



Сурет 4. Көйлектің артқы бой сызбасы

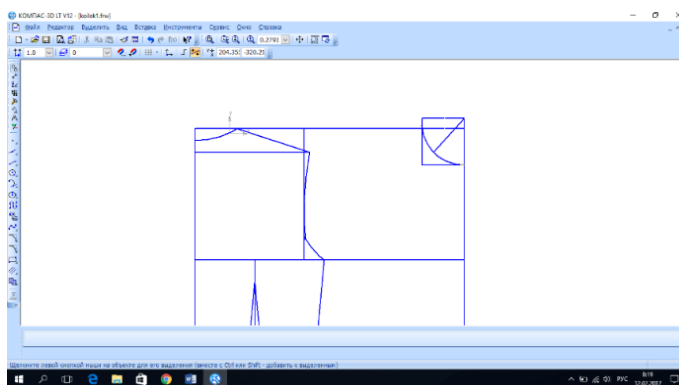
Алдыңғы мойын ойындысын келесі формула бойынша анықтаймыз (5-сурет).

$$1/6 \text{ Өлшем} = 8 \text{ см}$$

$$8 + 1 = 9 \text{ см}$$

$$8 + 0,5 = 8,5 \text{ см}$$

$$1/2 \text{ Артқы бой ені} - 1 = 19,7 \text{ см.}$$

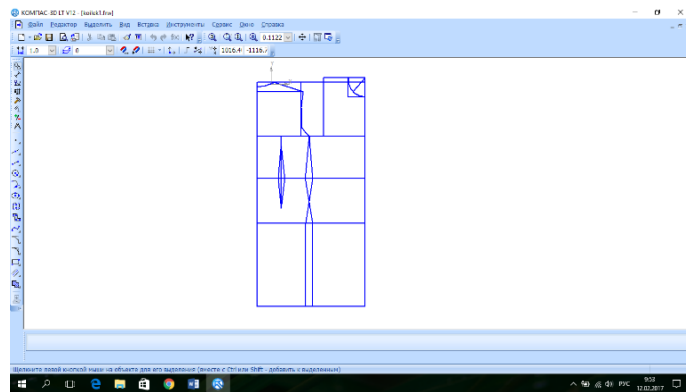


Сурет 5. Алдыңғы мойын ойындысының сызбасы

Бел сызығын және көйлектің алдыңғы бой мықынын формула бойынша сызып, сызбаға түсіреміз (6-сурет).

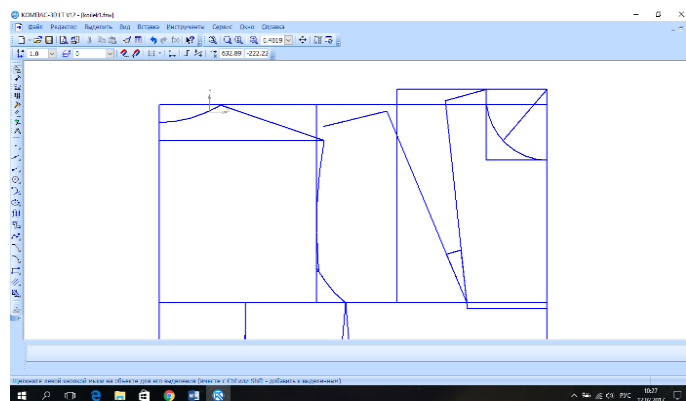
$$1/4 \text{ Кеуде айналымы} + 1 + 1/4 \text{ Қосымша Кеуде с.б.} = 26,5 \text{ см}$$

$$1/4 \text{ Мықын айналымы} + 1 + 1/4 \text{ Қосымша Мықын с.б.} = 28,25 \text{ см}$$

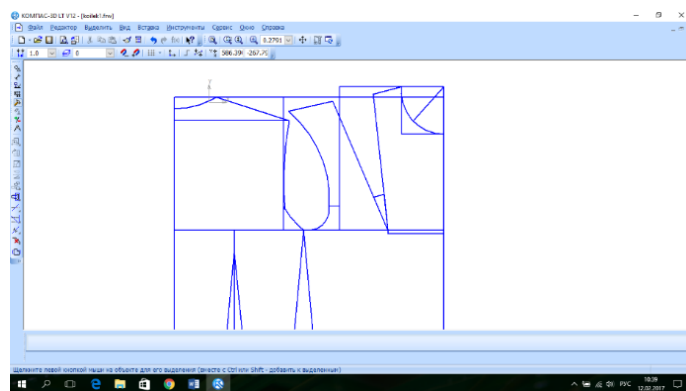


Сурет 6. Бел сызығы мен алдыңғы бой мықынының сызбаға түсірілуі

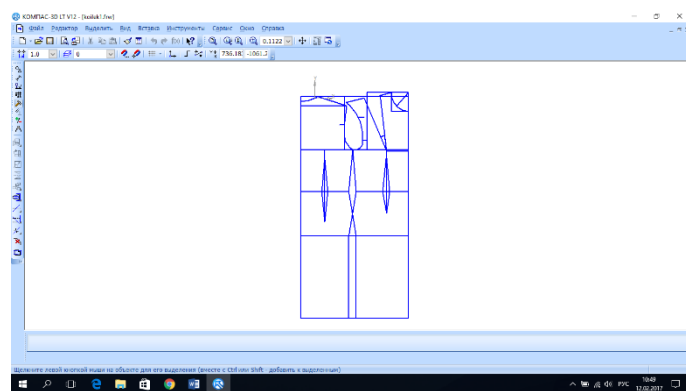
Көйлектің алдыңғы бойының қолтық ойындысын, бел бүкпесі мен кеуде бүкпесін саламыз (7-9 сурет).



Сурет 7. Көйлектің алдыңғы бойының қолтық ойындысының сызбасы

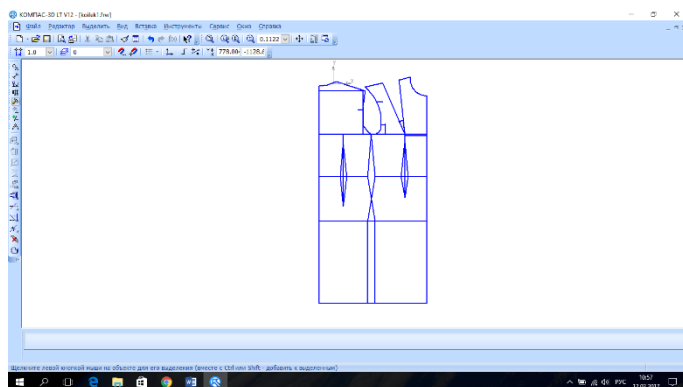


Сурет 8. Алдыңғы бойының қолтық ойындысы мен кеуде бүкпесінің сызбасы



Сурет 9. Көйлектің алдыңғы бойының қолтық ойындысын, бел бүкпесі мен кеуде бүкпесінің сызбасы

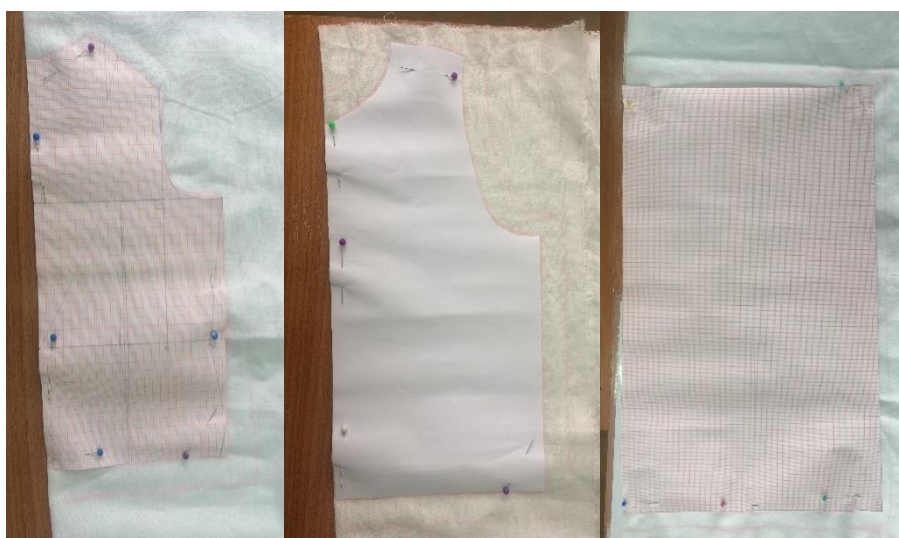
Барлық қосалқы сызықтарды өшіреміз және көйлектің негізгі үлгісінің сызбасы дайын (сурет 10-13).



Сурет 10. Көйлектің негізгі үлгісінің сызбасы



Сурет 11. Балалардың жаздық көйлегінің базалық конструкциялық сызбасын жасау



Сурет 12. Көйлектің модельдік сызбасын жасау және мата жаймасында борлау



Сурет 13. Балалардың дайын жаздық көйлегінің суреті

Қорытынды. Мақалада қарастырылған материалдарды «Технологиялық процестерді моделдеудің компьютерлік технологиялары», «Сызу және сызба геометриясы», «Компьютерлік графика» пәндері бойынша педагогикалық және техникалық мамандықтарды оқыту курстарында қолдануға болады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. Зобнин Б.Б. *Моделирование систем: конспект лекций* / Б.Б. Зобнин. - Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2001. - 131с.
2. Ашихмин В.Н. *Введение в математическое моделирование: учебное пособие* / В.Н. Ашихмин [и др.]; под ред. П.В.Трусова. – М.: ЛОГОС, 2005. - 435 с.
3. <https://www.nanocad.ru/>.
4. URL: <http://www.valentina-project.org>.
5. URL: <http://www.redcafe.ru/redcafe>.
6. URL: <http://www.optitex.com/pricing>.
7. URL: <http://www.cadrus.ru>.
8. Кинжебаева Д.А., Кошербай М. «КОМПАС - 3D V15» программасы арқылы шахмат фигураны жасау технологиясы. *Вестник КазНПУ им. Абая. Сер. «Физ.-мат. науки».* – Алматы, 2016. №1 (53). С. 128-134.
9. АСКОН. *Учебное пособие «Азбука КОМПАС».* – М., 2009.

УДК 533.15; 536.25
ГРНТИ 29.17.15; 29.17.35

В.Н. Косов¹, К.К. Каратаева²

¹ д.ф.-м.н., профессор, чл.-корр. НАН РК,
Казахский Национальный Педагогический Университет им. Абая, г. Алматы, Казахстан
²к.ф.-м.н., доцент Атырауского университета нефти и газа, г. Атырау, Казахстан

ОСОБЕННОСТИ КОНЦЕНТРАЦИОННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ТРОЙНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ ОКСИД АЗОТА ПРИ ДИФФУЗИИ И НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ГРАВИТАЦИОННОЙ КОНВЕКЦИИ

Аннотация

Экспериментально двухколбовым методом изучено изотермическое многокомпонентное смешение в трехкомпонентных газовых смесях $H_2 + N_2O - N_2$ и $CH_4 + N_2O - Ar$ при различных давлениях и заданных концентрациях компонентов в бинарных смесях. Показано, что в системе, где коэффициенты диффузии существенно отличаются друг от друга при определенном давлении возникают особые режимы, связанные с существенно большей скоростью смешения компонентов, вызванной концентрационной конвекцией. На начальном этапе возникновения конвекции ее интенсивность в зависимости от давления изменяется линейным образом. В смеси, где коэффициенты D_{ij} сравнимы друг с другом имеет место молекулярная диффузия. Опытные значения концентраций компонентов в пределах погрешности эксперимента совпадают с вычисленными по уравнениям Стефана-Максвелла.

Ключевые слова: Газы, диффузия, смеси, конвекция, давление, разделение.

Аңдатпа

В.Н. Косов¹, Қ.Қ. Қаратаева²

¹ ф.-м.э.д., ҚР ҰҒА корр.-мүшесі, Абай атындағы ҚазҰПУ-нің профессоры, Алматы қ., Қазақстан

² ф.-м.э.к., Атырау мұнай және газ университетінің доценті, Атырау қ., Қазақстан

ДИФФУЗИЯ БАРЫСЫНДА ЖӘНЕ ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ КОНВЕКЦИЯНЫҢ БАСТАПҚЫ САТЫСЫНДА АЗОТ ОКСИДІНЕН ТҰРАТЫН ҮШГАЗДАР ҚОСПАСЫНЫҢ КОНЦЕНТРАЦИЯЛЫҚ БӨЛІНУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Бинарлы қоспалардағы әртүрлі қысым және компоненттердің берілген концентрацияларында $H_2 + N_2O - N_2$ және $CH_4 + N_2O - Ar$ үш компонентті газдар қоспаларындағы изотермикалық көпкомпонентті ауытқу екі колбалық әдіспен эксперименталды зерттелген. Белгілі бір қысымда диффузия коэффициенттері айтарлықтай бір-бірінен өзгешеленетін жүйеде, компоненттер концентрациясы нәтижесінде пайда болатын, компоненттердің үлкен жылдамдықтарына байланысты ерекше режимдер туындайды. Конвекция пайда болғандағы бастапқы кезеңде оның қысымға тәуелділігінің қарқындылығы сызықты түрде өзгереді. Өзара салыстырылатын D_{ij} коэффициенттері бар қоспада молекулалық диффузия орын алады. Эксперимент қателіктері аймағында компоненттер концентрациясының тәжірибелік сипаты мен Стефан-Максвеллдың теңдеулері бойынша алынған нәтижелер сәйкес келеді.

Компоненттер концентрациясының тәжірибелік мәні эксперимент қателіктері аумағында Стефан-Максвеллдың теңдеулері бойынша жүргізілген есептеулерге сәйкес келеді.

Түйін сөздер: газдар, диффузия, қоспалар, конвекция, қысым, бөліну

Abstract

Kosov V.N.¹, Karataeva K.K.²

¹Dr. Sci.(Phys.-Math.), Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of RK, Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

²Cand. Sci. (Phys-math.), Associate Professor, Atyrau Oil and Gas University, Atyrau, Kazakhstan

PECULIARITIES OF CONCENTRATION SEPARATION OF THREECOMPONENT GAS MIXTURES CONTAINING NITRIC OXIDE AT DIFFUSION AND INITIAL STAGE OF GRAVITATIONAL CONVECTION

The isothermal multicomponent mixing in three-component gas mixtures $H_2 + N_2O - N_2$ and $CH_4 + N_2O - Ar$ at different pressures and specified concentrations of components in binary mixtures was studied experimentally by a two-flask method. It is shown that special regimes associated with the essentially fair speed of the components mixing caused by the concentration convection arise at a certain pressure in a system where the diffusion coefficients differ significantly from each other. At the initial stage of the onset of convection, its intensity varies linearly subject to the pressure. Molecular diffusion takes place in a mixture where the coefficients D_{ij} are comparable with each other. Experimental values of the components concentrations coincide within the experimental uncertainty with those calculated from the Stefan-Maxwell equations.

Keywords: Gases, diffusion, mixes, convection, pressure, division

Особенности многокомпонентного массопереноса в газовых смесях, как правило, связаны с молекулярным, конвективным или совместным действием перечисленных режимов [1]. При этом практически не принимается во внимание факт, что процесс молекулярной диффузии может потерять устойчивость с последующим возникновением естественной конвекции [2,3], которая заметно интенсифицирует суммарный массоперенос. Проведенные в [4-6] опыты показали, что за счет разной подвижности компонентов образуются стратифицированные по плотности области, которые в поле силы тяжести, при определенных воздействиях, могут служить причиной возникновения гравитационной концентрационной конвекции. Поэтому информация по определению диффузионной и конвективной составляющих парциального потока компонента в многокомпонентных системах представляется важной для экспериментальных исследований, разработке аналитических и численных решений сложного массопереноса.

В данной работе представлены опытные данные по изучению диффузии и конвекции возникающей при неустойчивости механического равновесия газовой смеси содержащей оксид азота.

Для исследования диффузионных и конвективных особенностей переноса применялся двухколбовый метод [6]. Схема экспериментальной установки, ее основные элементы были детально описаны ранее [6, 7]. Методика проведения эксперимента заключается в следующем. В диффузионной ячейке верхняя и нижняя колбы объемом $55,0 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ соединялись вертикальным цилиндрическим каналом с длиной $L = 70,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ и радиусом $r = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$. (рис. 1а). Колбы аппарата заполняли исследуемыми газами до давления опыта. Затем открывался диффузионный канал. Фиксировалось время начала смешения. По окончании опыта канал перекрывался и проводился анализ газов из каждой колбы на хроматографе. Погрешность анализа концентрации составляла $\pm 0,3\%$. Аппарат термостатировался при температуре 298 К. Точность поддержания температуры составляла $\pm 0,1 \text{ К}$.

Для исследования были выбраны две системы $0.4504 CH_4 (1) + 0.5496 N_2O (2) - Ar (3)$ и $0.4163 H_2 (1) + 0.5837 N_2O (2) - N_2 (3)$ (условимся, что числа перед химическим элементом определяют исходную концентрацию компонента в смеси, а в скобках после химического элемента нумеруют компоненты). В

верхней колбе аппарата располагалась бинарная смесь метана (водорода) и оксида азота, а в нижней – аргон (азот). Исходный состав изучаемых систем подбирался таким образом, чтобы плотность бинарной смеси, которая помещалась в верхнюю колбу не превосходила по плотности газ, размещенный в нижнем колбе. Еще одна особенность изучаемых систем заключается в следующем. В смеси метана, оксида азота и аргона коэффициенты взаимной диффузии D_{ij} [8] примерно одинаковы ($D_{12} \approx D_{13} \approx D_{23}$). В газовой смеси водорода, азота и оксида азота коэффициент диффузии водорода в азот и оксид азота отличаются примерно в пять раз по сравнению с коэффициентом диффузии закиси азота в азот ($D_{12} \approx D_{13} \gg D_{23}$).

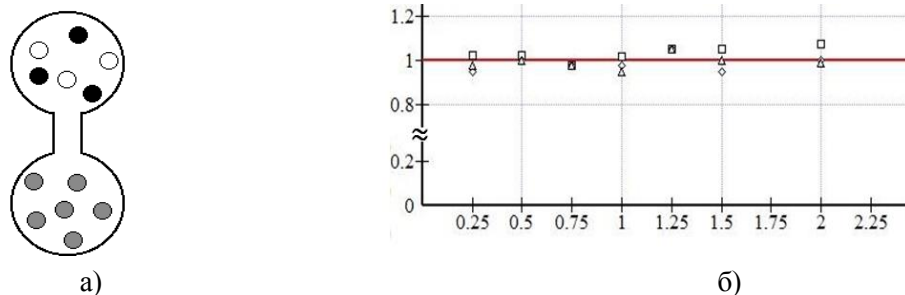


Рисунок 1. Изучение многокомпонентного смешения двухколбовым методом.

а) Двухколбовая диффузионная ячейка. б) Зависимость параметра α от давления для системы $0.4504 \text{ CH}_4 (1) + 0.5496 \text{ N}_2\text{O} (2) - \text{Ar} (3)$. Время смешения $\tau = 4$ часа. Экспериментальные точки: \square – метан, Δ – оксид азота, \diamond – аргон. Сплошная линия расчет в предположении диффузии

Экспериментальные данные для систем $0.4504 \text{ CH}_4 (1) + 0.5496 \text{ N}_2\text{O} (2) - \text{Ar} (3)$ и $0.4163 \text{ H}_2 (1) + 0.5837 \text{ N}_2\text{O} (2) - \text{N}_2 (3)$ при различных давлениях приведены на рисунках 1б и 2. Параметр $\alpha = c_{\text{exp}}/c_{\text{theor}}$ получен путем нормировки экспериментальных значений c_{exp} на вычисленные c_{theor} по уравнениям Стефана-Максвелла [8] в предположении квазистационарной диффузии тройной газовой смеси [9]. Как видно из рисунка 1б для системы $0.4504 \text{ CH}_4 (1) + 0.5496 \text{ N}_2\text{O} (2) - \text{Ar} (3)$, где коэффициенты D_{ij} сравнимы друг с другом, наблюдается диффузия. Опытные значения концентраций компонентов в пределах погрешности эксперимента совпадают с вычисленными. На всем интервале исследуемых давлений параметр $\alpha \approx 1$.

В системе $0.4163 \text{ H}_2 (1) + 0.5837 \text{ N}_2\text{O} (2) - \text{N}_2 (3)$ коэффициенты взаимной диффузии компонентов существенно отличаются друг от друга. До давления $P^* = 0,4$ МПа имеет место характерный для молекулярной диффузии ход изменения концентраций компонентов, о чем свидетельствует приближенное равенство единице безразмерного критерия α (рис. 2).

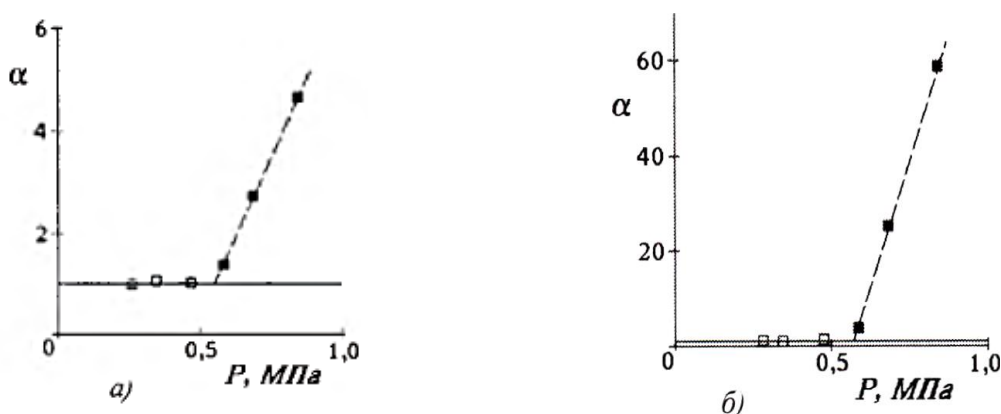


Рисунок 2. Параметр α при различных давлениях для смеси $0.4163 \text{ H}_2 (1) + 0.5837 \text{ N}_2\text{O} (2) - \text{N}_2 (3)$ при $T=298,0 \text{ K}$, $\tau = 30$ мин. Сплошная линия – расчет в предположении диффузии по уравнениям Стефана-Максвелла. Точки – экспериментальные данные: а – водород, б – оксид азота.

При дальнейшем увеличении давления $P \geq P^*$ наблюдается смена режимов «диффузия – концентрационная конвекция». На начальной стадии возникновения конвективных течений изменение характера зависимости безразмерного параметра α от давления носит линейный характер. При давлениях P^* и более параметр α начинает значительно превосходить единицу, что нетипично для диффузии. Как и в исследованиях, приведенных в [7] опытные значения парциальных концентраций $c_{i,\text{exp}}$ существенно превосходят расчетные, полученные в предположении трехкомпонентной диффузии. Наибольшие значения α_i соответ-

ствуют оксиду азота. По аналогии с [10] также отметим преимущественный перенос самого тяжелого по плотности компонента смеси (в данном случае это N_2O) по отношению к водороду, газу, обладающему максимальной диффузионной подвижностью. Интенсификация массопереноса связана с возникновением конвективных механизмов смешения из-за неустойчивости механического равновесия газовой смеси. Причиной неустойчивости является инверсия градиента плотности [11].

Таким образом, в многокомпонентных системах, содержащих оксид азота с существенным различием коэффициентов диффузии компонентов при определенных условиях возможно проявление конвективных механизмов смешения. Максимальная интенсивность переноса возникает у самого тяжелого по плотности компонента. Часть результатов были получены при финансовой поддержке гранта Комитета Науки МОН РК № 3482/ГФ4.

Список использованной литературы:

1. Taylor R., Krishna R. *Multicomponent mass transfer*. 1993: New York: John Wiley & Sons, Inc. – 616 p.
2. 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.- V. 39, №6. - P. 566 - 572.
3. Kaminskii V.A., Obvintseva N.Yu. *Evaporation of a Liquid under the Conditions of Convective Instability in the Gas Phase // Russian Journal of Physical Chemistry A*.-2008.- V. 82, N7.-P.1215-1220.
4. Косов В.Н., Селезнев В.Д., Жаврин Ю.И. *Эффект разделения компонентов при изотермическом смешении тройных газовых систем в условиях свободной конвекции // ЖТФ*. – 1997. – Т. 67, №10. – С. 139-140.
5. Kosov V.N., Fedorenko O.V., Zhavrin Yu.I., Mukamedenkyz V. *Instability of Mechanical Equilibrium during Diffusion in a Three-Component Gas Mixture in a vertical Cylinder with a Circular Cross Section // Technical Physics*. – 2014. – Vol. 59, No. 4. – P. 482-486.
6. Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Федоренко О.В., Акжолова А.А. *Некоторые особенности изотермического многокомпонентного массопереноса при конвективной неустойчивости газовой смеси // ТОХТ*.- 2015. - Т.50. - №2. – С. 177-183.
7. Zhavrin Yu.I., Kosov V.N., Kul'zhanov D.U., Karataeva K.K. *Effect of the Pressure on the Type of Mixing in a Three-Component Gas Mixture Containing a Component Possessing the Properties of a Real Gas // Technical Physics Letters*. – 2000. – Vol. 26, No. 12. – P. 76-79.
8. Bird R.B., Stewart W.E., Lightfoot E.N. *Transport Phenomena, 2nd Edition*. John Wiley & Sons, Inc., 2002. – 898 p.
9. Александров О.Е. *Точное решение уравнения диффузии через капилляр для трехкомпонентной смеси // ЖТФ*. – 2001. – Т. 72, № 11. - С. 21-24.
10. Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Федоренко О.В. *Особенности концентрационного разделения многокомпонентной газовой смеси, содержащей метан и бутан при различных давлениях // Вестник КазНПУ. Сер. физ. – мат.* – 2012. - №3 (39). – С. 57-60.
11. Косов В.Н., Селезнев В.Д., Жаврин Ю.И. *Инверсия градиента плотности и диффузионный «затвор» при изотермическом смешении газов // ЖТФ*. – 1998. – Т. 68, № 5. – С. 14-17.

УДК 666.71:621.1.016.4
ГРНТИ47.09.41: 44.31.03

М.К. Кулбеков¹

¹д.ф.-м.н., профессор Института Математики, физики и информатики при КазНПУ им. Абая, г. Алматы, Казахстан

О НОВЫХ ОБЪЕМНО-ПОВЕРХНОСТНЫХ КОНЦЕНТРИЧЕСКИ-ЗОНАЛЬНЫХ ЦВЕТОВЫХ ЭФФЕКТАХ В ЗОЛОКЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ

Аннотация

В статье приведены научно-технологические сведения о новых объемно-поверхностных концентрически-зональных цветовых эффектах в золокерамических материалах. Указанные новые цветовые эффекты впервые были установлены в конце XX века экспериментальным путем автором данной статьи. Этим явлениям было дано условное название «Полицветные кольца Кулбека» или просто «Кольца Кулбека». Природа этих явлений до сих пор полностью не раскрыта. В статье сделана попытка объяснить причину проявления новых концентрически-зональных цветовых эффектов в золокерамических материалах. В работе эти цветовые эффекты объяснены зональным механизмом и кинетикой диффузионных физико-химических процессов, в частности горением остаточного топлива в золокерамических материалах. Приведены кинетические уравнения, описывающие эти процессы.

Аңдатпа

М.Қ. Құлбеков¹

¹ф.-м.ғ.д., Абай атындағы ҚазҰПУ, Математика, физика және информатика институтының профессоры,
Алматы қ., Қазақстан

ЗОЛОКЕРАМИКАЛЫҚ МАТЕРИАЛДАРДАҒЫ ЖАҢАДАН АШЫЛҒАН КӨЛЕМДІК-БЕТТІК КОНЦЕНТРЛІ-ЗОНАЛЫҚ ТҮРЛІ ТҮСТІ ЭФФЕКТІЛЕР ТУРАЛЫ

Мақалада золокерамикалық материалдардағы жаңадан ашылған көлемдік-беттік концентрлі-зоналық түрлі түсті эффектiлер жөнiнде ғылыми-технологиялық мәліметтер келтірілген. Бұл аталған жаңа түрлі түсті эффектiлерді ең алғаш рет XX ғасырдың соңында тәжірибелік жолмен мақала авторы анықтаған болатын. Бұл құбылыстарға «Түрлі түсті Құлбек сақиналары» немесе қысқаша «Құлбек сақиналары» – деген шартты атау берілген. Мұндай құбылыстардың табиғаты әлі күнге дейін толық ашылмай отыр. Мақалада золокерамикалық материалдардағы жаңа концентрлі-зоналық түрлі-түсті эффектiлердің пайда болу себептерін түсіндіруге талпыныс жасалған. Жұмыста бұл түрлі- түсті эффектiлер золокерамикалық материалдардағы диффузиялық сипаттағы физика-химиялық үдерістердің, атап айтқанда, қалдық отындардың жануының зоналық механизмі мен кинетикасы арқылы түсіндірілген. Аталған үдерістерді сипаттайтын кинетикалық теңдеулер берілген.

Abstract

Kylbekov M.K.¹

Dr. Sci. (Phys.-Math), Professor of the Institute of Mathematics, Physics and Informatics at Abai KazNPU,
Almaty, Kazakhstan

ABOUT NEW THREE-DIMENSIONAL SURFACE CONCENTRICALLY-ZONAL COLOR EFFECTS IN ASH-CERAMIC MATERIALS

The article presents the scientific and technological information about new 3D-surface concentrically-zonal color effects in Zoli Ceramic materials. These new color effects were first established at the end of the 20th century by the experimental method of the author of this article. This phenomenon was named as "Polycolored rings Kullbeck" or "Kullbeck Rings". The nature of this phenomenon is still not fully disclosed. The paper attempts to explain the reason for the manifestation of the new concentrically-zonal color effects in Zoli Ceramic materials. In this paper, these color effects explained zonal mechanism and kinetics of diffusion of physical and chemical processes, in particular the burning of residual fuel in Zoli Ceramic materials. The kinetic equations describing these processes are given.

Предпосылкой для проведения работы по данному направлению явились научно-технологические результаты [1-4], полученные учеными Казахстана во второй половине 20 века по решению актуальной проблемы использования отходов теплоэнергетики для получения новых строительных материалов, в частности, строительной керамики. В результате систематических исследований в этом направлении впервые в мировой практике разработана ресурсосберегающая технология новых керамических материалов «Золокерам» на основе отходов теплоэнергетики. Керамические изделия, полученные по данной технологии по своим физико-механическим показателям (прочность, легковесность, долговечность – морозостойкость) полтора-четыре раза превосходят традиционные материалы из природного сырья – глины. Данная новая технология также, позволяет сократить расходы природного сырья и технологического топлива до 50-85 процентов. Результаты этих разработок успешно прошли неоднократные полупромышленные, промышленные испытания и внедрены в производство в нашей стране и за рубежом [1,2].

Поисковые исследования и работы по данному направлению являются логическим продолжением выше приведенных научно-технологических разработок.

Новые объемно-поверхностные концентрически-зональные полицветные эффекты в золокерамических материалах впервые были установлены в конце 20 века автором данной работы экспериментальным путем [5, 6]. Этим явлениям было дано условное название «Полицветные кольца Кулбека» или просто «Кольца Кулбека» (рис. 1).

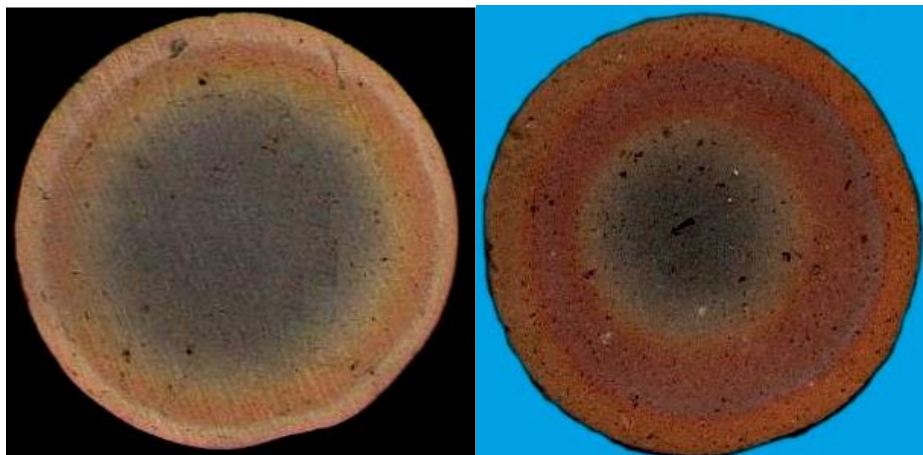


Рисунок 1. Фрагменты «Кольца Кулбека»

Кольца Кулбека по форме расположения цветовых зон (полосы) напоминают известное явление «Кольца Ньютона» [7,8], которое объясняется интерференционными явлениями (рис. 2).

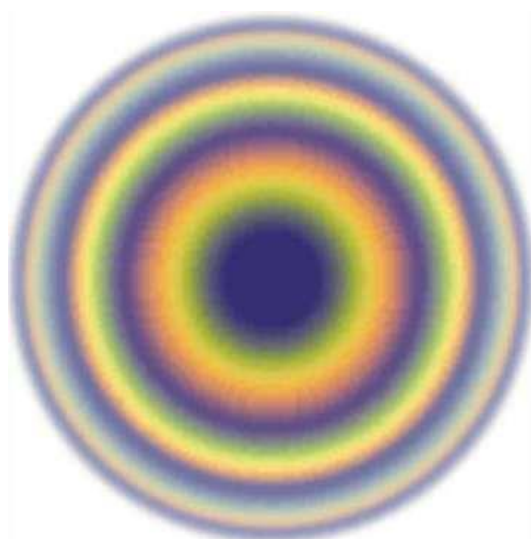


Рисунок 2. Фрагмент «Кольца Ньютона»

Некоторые варианты образцов «Кольца Кулбека» напоминают известные явления «Кольца Лизеганга» [9,10], которые были впервые установлены немецким ученым Рафаэлом Лизегангом в 1896 г. (рис. 3).

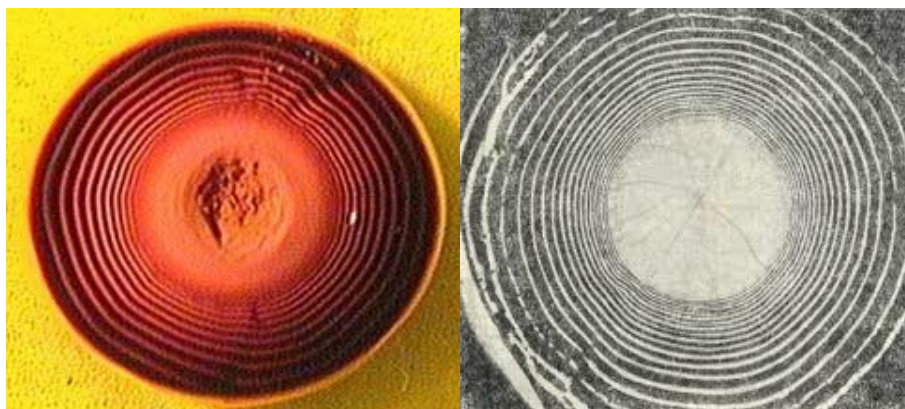


Рисунок 3. Фрагменты «Кольца Лизеганга»

Кольца Лизеганга – концентрические кольца или ритмически перемещающиеся полосы, возникающие в результате периодического осаждения каких-либо соединений при диффузии в гелиевых средах. Названы в честь первооткрывателя явления – немецкого химика и предпринимателя Р.Лизеганга. Структуры Лизеганга обычно получают при диффузии одного из исходных веществ через гель, содержащий другое вещество, способное образовывать с первым нерастворимый осадок. Несмотря на множество работ по изучению слоев и колец, причина их образования еще не совсем ясна. Образование колец Лизеганга связывают с процессами самоорганизации в системе.

Кольца Лизеганга легко получить, если пропитать желатиновый слой фотопластинки хроматом калия, а затем капнуть на него раствор азотнокислого серебра. По-видимому, для образования кристаллического осадка хромата серебра необходимо наличие затравки, появляющейся лишь при некоторой пороговой концентрации хромата калия. Поэтому при диффузии ионов серебра через область, обедненную (в результате предыдущего осаждения и диффузии) хроматом калия, осадок не образуется. При достижении некоторого критического соотношения ионов серебра и хромата лавинообразно развивается процесс кристаллизации, с избытком ионов серебра реагируют ионы хромата из прилежащих областей (последние обедняются этим анионом). И вновь, при продолжающейся диффузии серебра в этих обедненных зонах не появляется осадок. Так образуются концентрические кольца – пустые кольца чередуются с кольцами осадка хромата серебра. Получение колец Лизеганга произвело большое впечатление на минералогов – концентрические структуры в яшме, малахите и т.п. стали рассматриваться как результат сочетания процессов диффузии и осаждения в период образования этих минералов. Позже, особенно после открытия (методом электронной микроскопии) тонкой структуры миелинового волокна с его концентрическими слоями миелина, стали высказываться мнения о возможном участии механизмов, аналогичных рассмотренным выше, и в образовании морфологических структур в биологических системах (например, структуры миелинового волокна).

Некоторые образцы «Кольца Кулбека» очень похожи природным декоративным цветным камням [11]. Например, на кремь, яшму, агат, сердолик и др. (рис.4).

Природа концентрически-зональных рисунков в этих цветных камнях объясняется сложными продолжительными геологическими физико-химическими процессами.

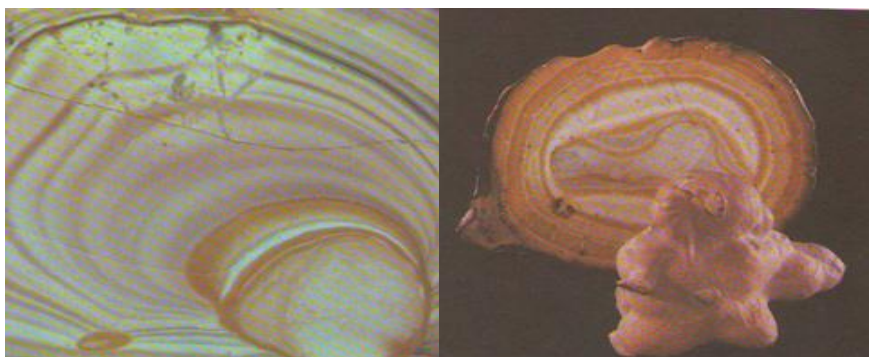


Рисунок 4. Кремь концентрически-зональный

Природа колец Кулбека досихпор полностью не раскрыта. Однако практические аспекты этих явлений служили для разработки новых способов изготовления различных отделочно-декоративных полицветных керамических плиток, защищенных авторскими свидетельствами и инновационными патентами Республики Казахстан [5,6].

Работы, посвященные изучению цвета керамики очень мало [12]. Основная часть из этих малых работ посвящена изучению наружного цвета керамики. Работы, посвященные изучению цветовых окрасок внутренних слоев керамического черепка, практически отсутствуют. Опыт показывает, что в зависимости от состава смесей и теплотехнологических факторов цвет керамики может изменяться от белого до красного и от коричневого до черного. Из результатов работ, посвященных изучению цвета керамики можно установить, что в этих явлениях основную роль играют оксиды железа и титана, а также температурно-газовые режимы обжига.

Проявления объемно-поверхностных концентрически-зональных цветовых эффектов в золокерамических материалах, в частности, можно объяснить зональным диффузионным механизмом горения остаточного топлива (углеродные частицы) внутренних слоев образца – изделий. Такой механизм диффу-

зионных процессов горения и других физико-химических превращений (удаление кристаллически связанной воды, диссоциация карбонатов и др.) способствуют созданию в соответствующих слоях образца определенных температурно-газовых режимов и фазообразованию, имеющую различную окраску.

Таким образом, природу новых концентрически-зональных цветовых эффектов в этих образцах – изделиях, в определенной мере, можно объяснить различной степенью горения остаточного углерода золы и окисления железа, титана в соответствующих слоях черепка.

Для описания зонального механизма и кинетики диффузионных физико-химических процессов в золокерамических образцах-цилиндрах (неограниченный) получено следующее уравнение [3, 4]

$$\frac{dx}{d\tau} = \frac{D_{\text{эф}}}{(R-x) \ln \frac{R}{R-x}}, \quad (1)$$

где $D_{\text{эф}}$ - эффективный коэффициент диффузии, x - толщина слоя, где физико-химические превращения уже произошли (продукт реакции) R -радиус цилиндрического образца.

Интегрируя уравнения (1) методом разделения переменных с учетом начального условия ($\tau = 0, x = 0$),

после некоторых преобразований $\frac{(R-x)^2}{2} \ln R$ получим следующее.

$$\frac{1}{4} \left\{ \left(1 - \frac{x}{R}\right)^2 \ln \left(1 - \frac{x}{R}\right)^2 + \left[1 - \left(1 - \frac{x}{R}\right)^2\right] \right\} = \frac{D_{\text{эф}} \tau}{R^2}. \quad (2)$$

Заменив x через U (относительное массосодержание связанного вещества, например, остаточного углерода в золе) в уравнении (2) с помощью соответствующей формулы для неограниченного цилиндра

$$U = \left(1 - \frac{x}{R}\right)^2 \quad (3)$$

получим следующее кинетическое уравнение для описания зональных диффузионных физико-химических процессов в изотермическом режиме

$$\frac{1}{4} [U \ln U + (1-U)] = \frac{D_{\text{эф}} \tau}{R^2}. \quad (4)$$

Одинаковые выражения в правой части уравнений (2) и (4) представляет собой массообменный критерий Фурье $For_m = \frac{D_{\text{эф}} \tau}{R^2}$.

Выше рассмотрены изотермические диффузионные физико-химические процессы в модельных цилиндрических золокерамических образцах. Однако на практике термическая обработка многих материалов, например, в промышленных условиях, протекает при постоянном повышении температуры. Это требует изучения диффузионных процессов в неизотермических условиях.

Известно, что температурная зависимость коэффициента диффузии имеет вид:

$$D_{\text{эф}} = D_0 e^{-E/R_2 * T} \quad (5)$$

где D_0 – постоянная величина для данного процесса, E - кажущаяся энергия активации, R_2 - газовая постоянная, T - температура.

Используя данную зависимость из (4) получим следующее кинетическое уравнение для приближен-

ного описания неизотермических диффузионных физико-химических процессов в цилиндрических образцах

$$\frac{1}{4}[U \ln U + (1-U)] = \frac{D_0 \cdot e^{-E/R_c T} \tau}{R^2}. \quad (6)$$

В случае линейного нагрева цилиндрических керамических образцов

$$T = \nu_T \tau + T_n, \quad (7)$$

(где ν_T - постоянная скорость нагрева образца, τ - время, T_n - начальная температура) из уравнения (6) получим:

$$\frac{1}{4}[U \ln U + (1-U)] = \frac{D_0 \cdot e^{-E/R_c(\nu_T \tau + T_n)} \tau}{R^2}. \quad (8)$$

Полученные кинетические уравнения позволяют проследить за механизмом и кинетикой зонального диффузионного продвижения поверхности фронта реакции, в частности, фронта горения, внутри золокерамических образцов и в определенной мере объяснить причину проявления концентрически-зональных цветовых эффектов в них.

Список использованной литературы:

1. Сайбулатов С.Ж., Сулейменов С.Т., Кулбеков М.К. Золы ТЭС в производстве строительной керамики.-Алма-Ата: Казахстан, 1986.-144 с., ил.
2. Сайбулатов С.Ж., Сулейменов С.Т., Кулбеков М.К., Нурбатуров К.А. Экономия сырья и топлива в производстве стеновой керамики: Теплотехнологические процессы. –Алма-Ата: Наука, 1986. –176с. ил.
3. Кулбеков М.К. Изучение кинетики некоторых физико-химических процессов при обжиге топливосодержащих керамических материалов. –ЖПХ.–1990.–Т.63.–№6.–с.1355-1360.
4. Кулбеков М.К. К теории диффузионной кинетики параллельных твердофазных процессов при обжиге топливосодержащей керамики. –ЖПХ.–1992.–Т.65.–№12.–с.2689-2694.
5. Способ изготовления керамических декоративных плиток. А.с.1680666 СССР, МКИ С 04 В 33/32 / Кулбеков М.К. (СССР).- Б.И., 1991.-№36.-С. 102.
6. Құлбек М.Қ. Инновационный патент на изобретение №25555. «Способ изготовления керамических отделочно-декоративных плиток». –Бюл. №3. от 15.03.2012.
7. Ландсберг Г.С. Оптика. –М.: Физмат–лит., 2012.–235с., ил.
8. Құлбекұлы М.Жалпы физика курсы. Оқу құралы.–Алматы: Ұлағат, 2014.–482б.,ил.
9. Bruno C. Batista, Patrick Cruz, and Oliver Steinbock. From Hydrodynamic Plumes to Chemical Gardens: The Concentration-Dependent Onset of Tube Formation. Department of Chemistry and Biochemistry, Florida State University, Tallahassee, Florida 32306-4390, United States. Publication Date (Web): July 11, 2014. – p. 145.
10. Layla BadrandRabih Sultan. Ring Morphology and pH Effects in 2D and 1D Co(OH)₂Liesegang Systems. Publication Date (Web): May 21, 2009. – p. 200.
11. Декоративные разновидности цветного камня СССР / Л.С. Путова, Т.И. Менгинская, Т.Л. Баранова и др.– М.: Недра, 1989. –272с., ил.
12. Зальманг Г. Физико-химические основы керамики. Пер. с немецкого. –М.: Госстройиздат, 1999. –396с., ил.

УДК 53.072; 53:681.3
ГРНТИ29.03.77

А.И. Купчишин¹, Т.А. Шмыгалева², М.Абайұлы³

¹д.ф.-м.н., профессор, директор физико-технологического центра при КазНПУ им. Абая,
г. Алматы, Казахстан

²д.т.н., профессор Казахского национального университета им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

³Магистрант специальности «Вычислительная техника и программное обеспечение»
Казахского национального университета им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАДИАЦИОННОГО ДЕФЕКТООБРАЗОВАНИЯ В КРЕМНИИ

Аннотация

В работе описывается получение математических моделей каскадно-вероятностных функций с учетом потерь энергии для ионов из рекуррентных соотношений для вероятностей перехода. Каскадно-вероятностная функция имеет смысл вероятности того, что частица, образованная на глубине h' достигнет некоторой глубины регистрации h после n -го числа соударений. Сечение взаимодействия, рассчитанное по формуле Резерфорда, аппроксимировалось аналитическим выражением, найдены коэффициенты аппроксимации для различных налетающих частиц в кремнии. Предложен алгоритм для расчета каскадно-вероятностных функций. Отмечены особенности подбора аппроксимационных параметров. Произведены расчеты распределений имплантированных ионов по глубине в кремнии. Проведено сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными, согласие удовлетворительное. Результаты расчетов представлены в виде графиков и таблиц.

Ключевые слова: Математическая модель, ион, аппроксимация, алгоритм, расчет, каскадно-вероятностная функция, сечение, эксперимент.

Аңдатпа

А.И. Купчишин¹, Т.А. Шмыгалева², М.Абайұлы³

¹ф.-м.г.к., Абай атындағы ҚазҰПУ, Физика-технологиялық оқу-ғылыми орталығының директоры,
Алматы қ., Қазақстан

²тех.г.д., Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-ің профессоры, Алматы қ., Қазақстан

³Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, «Есептеу техникасы және программалық қамтамасыз ету»
мамандығының магистранты, Алматы қ., Қазақстан

КРЕМНИЙДЕГІ РАДИАЦИЯЛЫҚ АҚАУЛАРДЫҢ ПАЙДА БОЛУ ҮДЕРІСТЕРІН МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛДЕУ

Жұмыста рекуррентті қатынастардан ауысу ықтималдығы үшін иондар энергиясының жұмсалыуын есепке ала отырып, каскадты-ықтималдық функциялардың математикалық модельдерін алу қарастырылған. Каскадты-ықтималдық функцияның мағынасы мынада: h' тереңдігіндегі пайда болған бөлшек қандай да бір h тереңдігіне n -ші соқтығыстан кейін жетеді. Резерфорд формуласы бойынша есептелген әрекеттесу кимасы аналитикалық өрнекпен аппроксимацияланған, кремнийдегі әр түрлі ұшып келуші бөлшектер үшін аппроксимация коэффициенттері табылған. Каскадты-ықтималдық функцияны есептеуге арналған алгоритм ұсынылған. Аппроксимациялық параметрлерді іріктеу ерекшеліктері ескерілген. Кремнийдегі тереңдік бойынша имплантирталған иондарды тарату есептеулері жүргізілген. Эксперименттік деректері мен есептеу нәтижелерін салыстырылған, үйлесімділік қанағаттанарлық. Есептеу нәтижелері графиктер мен кестелер түрінде берілген.

Түйінді сөздер: Математикалық модель, ион, аппроксимация, алгоритм, есептеу, каскадты-ықтималдық функция, қима, эксперимент.

Abstract

Kupchishin A.I.¹, Shmygalyeva T.A.², Abaiuly M.³

¹Dr.Sci (Phys.-Math), Professor, Director of the Instructional Scientific of Physical and Technology Centre at Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

²Dr. Sci. (Engineering), Professor, Al-Farabi KazNU, Almaty, Kazakhstan

³Student of Master Programme in Computers and Software of Al-Farabi KazNU, Almaty, Kazakhstan

MATHEMATICAL MODELING OF THE PROCESSES OF RADIATION DAMAGE IN SILICON

This work describes receiving mathematical models of cascade-probabilistic functions, taking into account energy losses for ions of recurrences for transition probabilities. Cascade-probabilistic function is meaningful probability that a particle formed at depth h' reaches a certain depth h after registration of the n -th number of collisions. Cross section of interaction, calculated according to the formula Rutherford, the approximations analytical expression, the approximation coefficients for

various incident particles in Silicon. The algorithm for calculating the cascade-probabilistic functions. Marked features of the approximation selection options. Calculations of distributions of implanted ions in depths in Silicon. Comparison of calculation results with experimental data, consent is satisfactory. The results of the calculations are presented in the form of graphs and tables.

Keywords: Mathematical model, ion, approximation, algorithm, calculation, cascade-probabilistic functions, section, the experiment.

Кремний используется в металлургии в качестве добавки к стали, в производстве сплавов, в электронике для изготовления полупроводниковых приборов. Технический кремний находит следующие применения:

1. Сырье для металлургических производств: компонент сплава (бронзы, силумина); раскислитель (при выплавке чугуна и сталей); модификатор свойств металлов или легирующий элемент (например, добавка определенного количества кремния при производстве трансформаторных сталей уменьшает коэрцитивную силу готового продукта и т.п).

2. Сырье для производства более чистого поликристаллического кремния и очищенного металлургического кремния.

3. Сырье для производства кремнийорганических материалов, силанов.

4. Иногда кремний технической чистоты и его сплав с железом (ферросилиций) используется для производства водорода в полевых условиях.

5. Для производства солнечных батарей.

Сверхчистый кремний преимущественно используется для производства одиночных электронных приборов (нелинейные пассивные элементы электрических схем) и однокристалльных микросхем.

Работа проведена в рамках каскадно-вероятностного метода [1]. Получение математических моделей каскадно-вероятностных функций для ионов является непростой задачей. Это связано с тем, что сечение взаимодействия, рассчитанное по формуле Резерфорда велико, колеблется примерно от $n \cdot 10^7$ до $n \cdot 10^{12}$ (барн), где n - целое число, а пробег проникновения очень мал и составляет примерно $10^{-6} - 10^{-3}$ см. Колебания связаны с тем, что с ростом атомного номера элемента сечение взаимодействия увеличивается, а пробег проникновения уменьшается.

Для ионов зависимость аппроксимационного коэффициента сечения от энергии представляется в следующем виде:

$$\sigma(h) = \sigma_0 \left(\frac{1}{a(E_0 - kh)} - 1 \right), \quad (1)$$

где σ_0 , a , E_0 , k - коэффициенты аппроксимации. Тогда простейшая КВФ запишется в следующем виде ($\lambda_0 = 1/\sigma_0$; $l = 1/\lambda_0 ak$):

$$\psi_0(h', h, E_0) = \left(\frac{E_0 - kh'}{E_0 - kh} \right)^{-l} \exp \left(\frac{h - h'}{\lambda_0} \right). \quad (2)$$

$\psi_0(h', h, E_0)$ - вероятность того, что частица пройдет глубину от h' до h не испытав ни одного соударения, h' , h - глубины генерации и регистрации соответственно.

Используя рекуррентное соотношение:

$$\psi_n(h', h, E_0) = \int_{h'}^h \psi_{n-1}(h', h'', E_0) \psi_0(h'', h, E_0) \frac{1}{\lambda_0} \left(\frac{1}{a(E_0 - kh)} - 1 \right) dh'', \quad (3)$$

получим вероятность испытать частице n соударений:

$$\psi_n(h', h, E_0) = \frac{1}{n! \lambda_0^n} \left(\frac{E_0 - kh'}{E_0 - kh} \right)^{-l} \exp \left(\frac{h - h'}{\lambda_0} \right) * \left[\frac{\ln \left(\frac{E_0 - kh'}{E_0 - kh} \right)}{ak} - (h - h') \right]^n, \quad (4)$$

где n - число взаимодействий.

Расчет каскадно-вероятностной функции с учетом потерь энергии для ионов, представленной выражением (4) особенно затруднителен при больших значениях n (что мы и имеем на самом деле в

большинстве случаев).

Для вычисления КВФ используется следующая удобная для расчета модернизированная формула [1]:

$$\psi_n(h', h, E_0) = \exp \left[-\ln(n!) - n \cdot \ln(\lambda_0) - \frac{1}{\lambda_0 a k} \ln \left(\frac{E_0 - kh'}{E_0 - kh} \right) + \frac{h - h'}{\lambda_0} + n \cdot \ln \left(\frac{\ln \left(\frac{E_0 - kh'}{E_0 - kh} \right)}{a k} - (h - h') \right) \right], \quad (5)$$

При нахождении аппроксимационных параметров, входящих в (4),(5) использовалось следующее:

1. Сечение атом-атомных взаимодействий рассчитывалось по формуле Резерфорда [2].
2. Глубины наблюдений находились с помощью таблиц параметров пространственного распределения ионно-имплантированных примесей [3].
3. Значения коэффициента сечения аппроксимировались выражением (1).

В работе произведен подбор аппроксимационных коэффициентов для выражений, описывающих сечения взаимодействия. Результаты подбора аппроксимационных коэффициентов представлены на рисунке 1 и в таблицах 1,2. Подбор аппроксимационных кривых и коэффициентов аппроксимации выполнен весьма хорошо, о чем свидетельствуют значения теоретического корреляционного отношения.

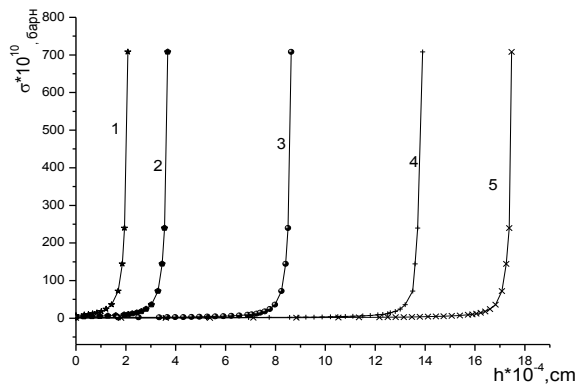


Рисунок 1. Аппроксимация модифицированного сечения каскадно-вероятностной функции для серебра в кремнии $E_0= 100(1), 200(2), 500(3), 800(4), 1000(5)$ кэВ. Сплошные линии – расчетные данные зависимости сечения от глубины, точки – аппроксимация

Таблица 1. Значения аппроксимационных коэффициентов и теоретического корреляционного отношения для углерода в кремнии

E_0	$\sigma_0 \cdot 10^7$	a	$E_0,$	k	η
1000	1,0306	0,74569	0,61539	85,09	0,997
800	1,1705	0,74254	0,58865	95,87	0,997
500	1,3221	0,6577	0,51996	120	0,996
200	1,7874	1,4562	0,14789	69,364	0,994
100	2,1714	4,0668	0,035009	29,495	0,991

Таблица 2. Значения аппроксимационных коэффициентов и теоретического корреляционного отношения для алюминия в кремнии

E_0	$\sigma_0 \cdot 10^8$	a	$E_0,$	k	η
1000	0,025697	0,012563	1,3117	245,46	0,999
800	0,023619	0,012172	1,0247	229,58	0,999
500	0,0081005	0,0042734	0,66155	221,67	0,9999
200	0,35324	0,05886	0,87413	701,02	0,998

100	0,016061	0,01308	0,08975	146,95	0,99999
-----	----------	---------	---------	--------	---------

Здесь η – теоретическое корреляционное отношение.

Для того, чтобы рассчитать каскадно-вероятностную функцию с учетом потерь энергии для ионов в зависимости от числа взаимодействий и глубины проникновения частиц, необходимо найти область определения результата. Физический смысл имеет результат от $A_1 * 10^{-10}$ до $A_2 * 10^{-10}$, где A_1, A_2 – действительные числа. В найденной области КВФ сначала возрастает, достигая максимума, и затем начинает убывать. Получены закономерности поведения области результата в зависимости от числа взаимодействий и от глубины проникновения частиц.

Рассчитаны каскадно-вероятностные функции для различных налетающих частиц в кремнии при энергиях $E_0=100 - 1000$ КэВ. Все расчеты производились с двойной точностью по всему интервалу глубин наблюдения. Результаты расчетов показывают (рис. 2, 3.), что КВФ в зависимости от h и от n имеют следующее поведение: возрастают, достигая максимума, затем убывают. Хотя все кривые имеют кажущееся одинаковое поведение, области нахождения результата у них разные. В зависимости от h КВФ с увеличением числа взаимодействий смещаются вправо, значения функций в точке максимума уменьшаются, с увеличением атомного номера как налетающей частицы так и мишени, расстояние между двумя соседними кривыми, реальная область нахождения результата, значения максимумов уменьшаются (рис.2.). В зависимости от n КВФ с увеличением глубины наблюдения смещаются влево, значение функции в точке максимума уменьшается, расстояние между двумя соседними кривыми увеличивается (рис.3.).

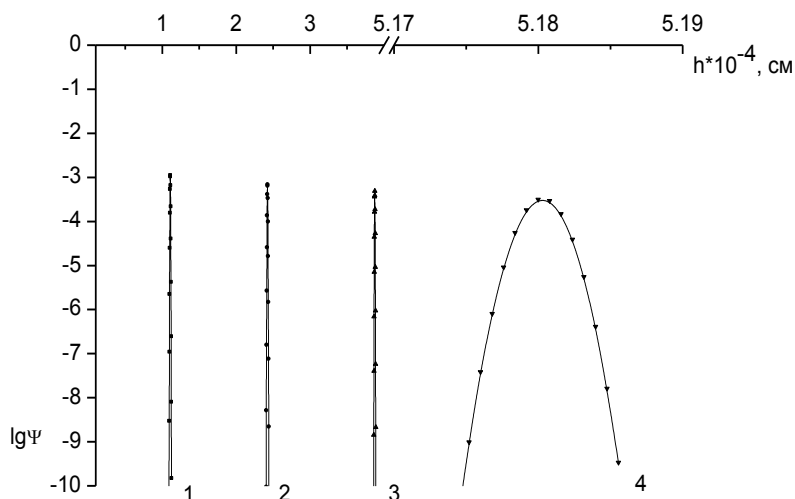


Рисунок 2. Зависимость КВФ для мышьяка в кремнии от h при $E_0= 245$ кэВ, $n=116611, 306622, 651245, 1421513$ (1-4)

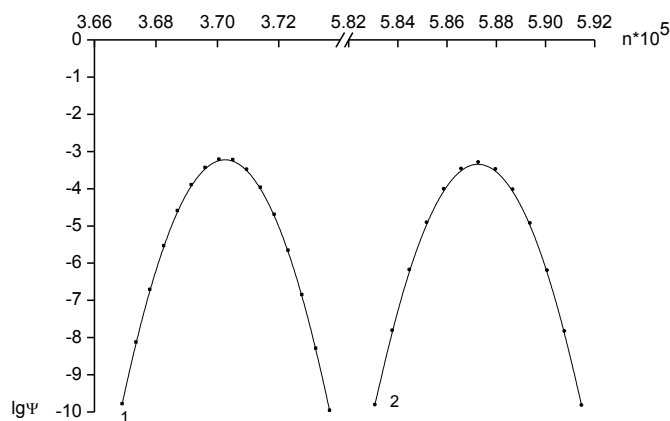


Рисунок 3. Зависимость КВФ от числа взаимодействий для индия в кремнии

при $h=0.0001$, $h=0.00015$, $E_0=350$ МэВ

В качестве примера на рисунках 4–7 представлены распределения имплантированных ионов мышьяка и индия потерь энергии по глубине в облученном кремнии в зависимости от глубины для различных энергий налетающих ионов: 1 – 245; 2 – 350; 3 – 500 кэВ. Кривые распределения имплантированных ионов для различных энергий как для мышьяка, так и для индия имеют четко выраженные максимумы, а их концентрация неравномерно распределена по глубине кремния. Как показывают расчеты распределение потерь энергии на ионизацию и возбуждение по глубине материала – это довольно резко убывающие функции. Распределения выбитых атомов по глубине в определенной мере повторяют распределения имплантированной примеси. Сравнивая расчеты распределений имплантированных частиц для мышьяка (245 кэВ) и индия (350 кэВ) в кремнии, видим их неплохое согласие. Проведено сравнение результатов расчетов с экспериментом. Небольшое различие расчетов и экспериментальных данных для мышьяка связано с неполным учетом влияния температуры среды.

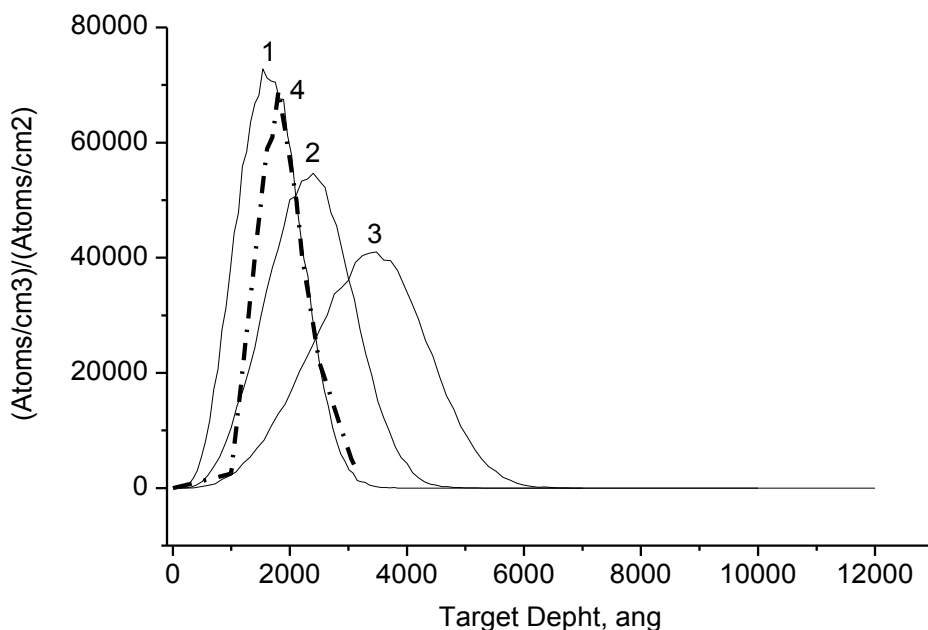


Рисунок 4. Распределение имплантированного мышьяка по глубине кремния при бомбардировке его потоками ионов различных энергий: 1 – 245; 2 – 350; 3 – 500 кэВ; 4 – эксперимент (245 кэВ)

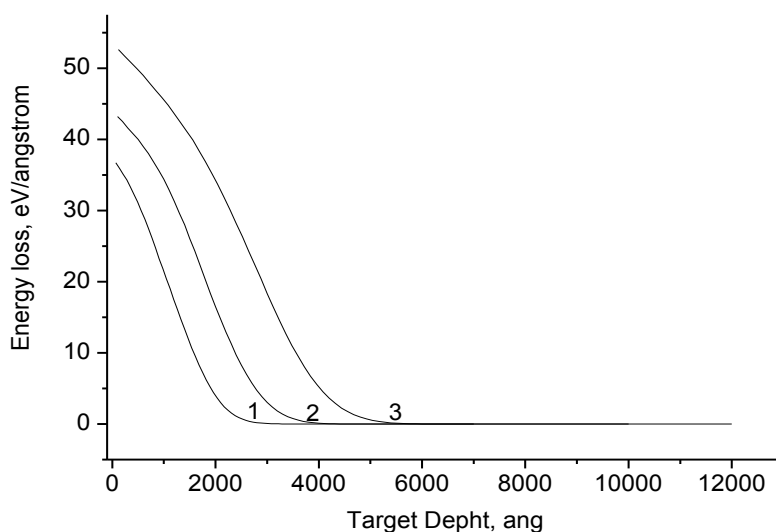


Рисунок 5. Распределение потерь энергии по глубине при облучении кремния ионами мышьяка различных энергий: 1 – 245; 2 – 350; 3 – 500 кэВ

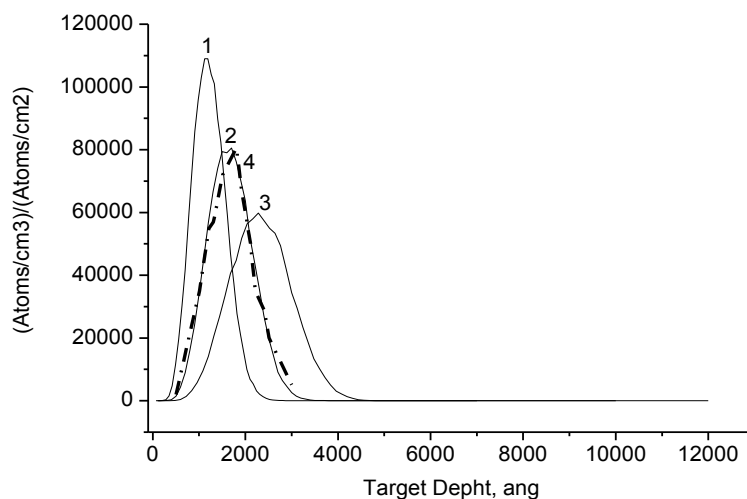


Рисунок 6. Распределение имплантированного индия по глубине кремния при бомбардировке его потоками частиц различных энергий: 1 – 245 кэВ; 2 – 350 кэВ; 3 – 500 кэВ; 4 – 350 кэВ; эксперимент

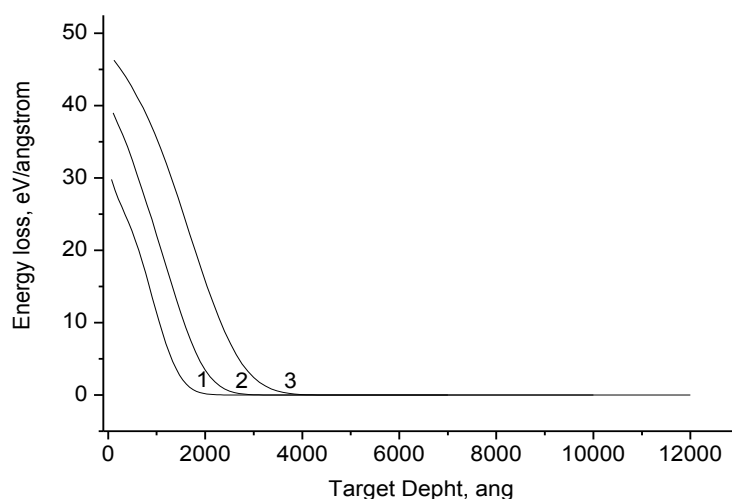


Рисунок 7. Распределение потерь энергии по глубине при облучении кремния ионами индия различных энергий: 1 – 245 кэВ; 2 – 350 кэВ; 3 – 500 кэВ

Использование полученных результатов может существенно углубить понимание радиационных процессов в материалах и упростить расчеты других параметров и характеристик частиц и дефектов.

Список использованной литературы:

1. Боос Э.Г., Купчишин А.А., Купчишин А.И., Шмыгалева Е.В., Шмыгалева Т.А. Каскадно-вероятностный метод, решение радиационно-физических задач, уравнений Больцмана. Связь с цепями Маркова. Монография. - Алматы: КазНПУ им. Абая, НИИ НХТ и М КазНУ им. аль-Фараби, 2015. – 388 с.
2. Боос Э.Г., Купчишин А.И. Решение физических задач каскадно-вероятностным методом. - Алма-Ата: Наука, 1988, т.2. - 144 с.
3. Буренков А.Ф., Комаров Ф.Ф., Кумахов М.А., Темкин М.М. Таблицы параметров пространственного распределения ионно-имплантированных примесей. – Минск: Изд. БГУ им. Ленина, 1980. – 352 с.

УДК 53.072; 53:681.3
ГРНТИ29.03.77

А.И.Купчишин¹, Т.А. Шмыгалева², М.Абайұлы²

¹д.ф.-м.н., профессор, директор физико-технологического центра при КазНПУ им. Абая,
г. Алматы, Казахстан

²д.т.н., профессор Казахского национального университета им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

³Магистрант специальности «Вычислительная техника и программное обеспечение»
Казахского национального университета им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ, ОБЛУЧЕННЫХ ЛЕГКИМИ ИОНАМИ

Аннотация

Работа выполнена в рамках каскадно-вероятностного метода, суть которого заключается в получении и дальнейшем использовании каскадно-вероятностных функций для различных заряженных частиц. Рассмотрены процессы радиационного дефектообразования в твердых телах, облученных легкими ионами. Представлен алгоритм для расчета концентрации радиационных дефектов, предложены формулы для расчета спектров первично-выбитых атомов, каскадно-вероятностной функции, входящей в выражение для спектра первично-выбитых атомов. Проведены расчеты для налетающих легких ионов и различных мишеней, выявлены закономерности, возникающие при расчетах концентрации радиационных дефектов при ионном облучении. Описано поведение концентрации радиационных дефектов при ионном облучении в зависимости от различных физических параметров. Результаты расчетов приведены в виде графиков и таблиц.

Ключевые слова: Алгоритм, расчет, область результата, ион, концентрация, дефект, сечение, каскадно-вероятностная функция.

Аңдатпа

А.И. Купчишин¹, Т.А. Шмыгалева², М.Абайұлы³

¹ф.-м.г.к., Абай атындағы ҚазҰПУ, Физика-технологиялық оқу-ғылыми орталығының директоры,
Алматы қ., Қазақстан

²тех.г.д., Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-ің профессоры, Алматы қ., Қазақстан

³Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, «Есептеу техникасы және программалық қамтамасыз ету»
мамандығының магистранты, Алматы қ., Қазақстан

ЖЕҢІЛ ИОНДАРМЕН СӘУЛЕЛЕНДІРІЛГЕН ҚАТТЫ ДЕНЕЛЕРДЕГІ РАДИАЦИЯЛЫҚ АҚАУЛАРДЫ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛДЕУ

Жұмыс каскадты-ықтималдық әдісі шеңберінде орындалған, әр түрлі зарядталған бөлшектер үшін каскадты-ықтималдық функцияларын алу және оны әрі қарай қолданумен байланысты. Жеңіл иондармен сәулелендірілген титандағы радиациялық ақаулардың пайда болу үрдісі қарастырылған. Сонымен қатар радиациялық ақаулардың концентрациясын есептеу алгоритмі ұсынылып, алғашқы соғылған атомдар спектрін және алғашқы соғылған атомдар спектрінің өрнегіне кіретін каскадты-ықтималдық функцияларын есептеуге арналған формулалар ұсынылған. Әр түрлі нысанадағы ұшып шыққан жеңіл иондар үшін есептеулер жүргізіліп, иондық сәулелендірілу кезіндегі радиациялық ақаулар концентрациясын есептеу кезінде пайда болатын заңдылықтар айқындалды. Әр түрлі физикалық параметрлерге тәуелді иондық сәулелену кезіндегі радиациялық ақаулар концентрацияларының жағдайы сипатталған. Есептеулер қорытындылары графиктер және кестелер түрінде келтірілген.

Түйінді сөздер: Алгоритм, есептеу, нәтиже аймағы, ион, концентрация, ақау, қима, каскадты-ықтималдық функция.

Abstract

Kupchishin A.I.¹, Shmygalyeva T.A.², Abaiuly M.³

¹Dr.Sci (Phys.-Math), Professor, Director of the Instructional Scientific of Physical and Technology Centre at Abai
KazNPU, Almaty, Kazakhstan

²Dr. Sci. (Engineering), Professor, Al-Farabi KazNU, Almaty, Kazakhstan

³Student of Master Programme in Computers and Software of Al-Farabi KazNU, Almaty, Kazakhstan

COMPUTER MODELING OF RADIATION DEFECTS IN SOLIDS AFFECTED BY LIGHT IONS

The work was performed as part of cascade-probability method, the essence of which is to obtain and further use of cascade-probability functions for a variety of charged particles. The processes of radiation defect formation in solids irradiated with light ions. The algorithm for calculating the concentration of radiation-induced defects, proposed the formula for calculating the spectrum of the primary knocked-atoms, cascade-probability functions in the expression for the spectrum of primary sputtered atoms. The calculations for the incident light ions and different targets, the regularities that arise in

calculating the concentration of radiation defects under ion irradiation. The behavior of concentration of radiation defects in ion irradiation depending upon various physical parameters. The results of the calculations are presented in the manner of the tables and graphics.

Keywords: Algorithm, calculation, results, ion, concentration, defect, section, cascade-probabilistic functions.

Современное развитие науки и техники требует создания принципиально новых материалов, удовлетворяющих требованиям различных областей энергетики, науки и техники. Эти материалы должны обладать качественно новыми физико-химическими свойствами, что предполагает детальное изучение структуры материалов под действием ионизирующего излучения и получение информации о дефектах в структуре материалов. Следствием действия ионизирующего излучения является резкое изменение их свойств. Прогнозирование поведения материалов в жестких условиях работы требует создания количественных моделей, объясняющих радиационное дефектообразование. При этом нужно учитывать различные факторы: типы налетающих частиц (заряженные и незаряженные, легкие и тяжелые), реальную "физическую" картину; т.е. процессы, происходящие при взаимодействии частиц с веществом.

Ионы основную часть своей энергии тратят на ионизацию и возбуждение атомов среды (до 99%) и только 1% идет на образование дефектов атомной структуры. При взаимодействии заряженных частиц с материалом могут образовываться точечные дефекты, пары Френкеля, большие скопления вакансионных и междоузельных атомов.

Расчет концентрации радиационных дефектов при ионном облучении выполняется по формуле [1]:

$$C_k(E_0, h) = \int_{E_c}^{E_{2\max}} W(E_0, E_2, h) dE_2, \quad (1)$$

$$E_{2\max} = \frac{4m_1c^2m_2c^2}{(m_1c^2 + m_2c^2)^2} E_1,$$

m_1c^2 - энергия покоя иона. $C_k(E_0, h)$ определяется с учетом того, что энергия частицы на глубине h есть $E_1(h)$. Так как $E_1(h) = E_0 - \Delta E(h)$, то задавая потери энергии на ионизацию и возбуждение $\Delta E(h)$, получаем соответствующие глубины наблюдений h из формулы Бете-Блоха [2]. Спектр первично-выбитых атомов определяется следующим соотношением [1]:

$$W(E_0, E_2, h) = \sum_{n=n_0}^{n_1} \int_{h-k\lambda_2}^h \psi_n(h') \exp\left(-\frac{h-h'}{\lambda_2}\right) \frac{w(E_1, E_2, h') dh'}{\lambda_1(h')\lambda_2}, \quad (2)$$

где n_0, n_1 - начальное и конечное значение числа взаимодействий из области определения каскадно-вероятностной функции. Каскадно-вероятностная функция $\psi_n(h')$, входящая в выражение (2), имеет вид:

$$\psi_n(h') = \frac{1}{n! \lambda_0^n} \left(\frac{E_0}{E_0 - kh'}\right)^{\frac{1}{\lambda_0 ak}} \exp\left(\frac{h'}{\lambda_0}\right) \left(\frac{\ln\left(\frac{E_0}{E_0 - kh'}\right)}{ak} - h'\right)^n, \quad (3)$$

$$\lambda_1(h') = \frac{1}{\sigma_0 n_0 \left(\frac{1}{a(E_0 - kh')} - 1\right)} * 10^{24} \text{ (см)}, \quad \lambda_2 = \frac{1}{\sigma_2 n_0} * 10^{24} \text{ (см)}.$$

Сечение σ_2 рассчитывается по формуле Резерфорда [2]. Спектр ПВА в элементарном акте вычисляется по формуле:

$$\omega(E_1, E_2) = \frac{d\sigma(E_1, E_2) / dE_2}{\sigma(E_1)}. \quad (4)$$

Подставляя выражение (4) в формулы (1), (2) получаем:

$$C_k(E_0, h) = \frac{E_d E_{2\max}}{E_{2\max} - E_d} \int_{E_c}^{E_{2\max}} \frac{dE_2}{E_2^2} \sum_{n=n_0}^{n_1} \int_{h-k\lambda_2}^h \psi_n(h') \exp\left(-\frac{h-h'}{\lambda_2}\right) \frac{dh'}{\lambda_1(h')\lambda_2}.$$

Выполняя преобразования, приходим к следующему выражению:

$$C_k(E_0, h) = \frac{E_d}{E_c} \frac{(E_{2\max} - E_c)}{(E_{2\max} - E_d)} \sum_{n=n_0}^{n_1} \int_{h-k\lambda_2}^h \psi_n(h') \exp\left(-\frac{h-h'}{\lambda_2}\right) \frac{dh'}{\lambda_1(h')\lambda_2}, \quad (5)$$

где E_d – средняя энергия смещения, E_0 – первоначальная энергия частицы, E_c – пороговая энергия, $E_{2\max}$ – максимальная энергия, передаваемая атому и соответствующая лобовому столкновению.

Вычислить концентрацию радиационных дефектов по формуле (1) с использованием (3) нельзя, так как в каждом члене КВФ возникает переопределение. Выражение для $\psi_n(h')$ необходимо брать в виде:

$$\Psi_n(h', h, E_0) = \exp\left(-\ln n! - n \ln \lambda_0 - \frac{1}{\lambda_0 a k} \ln\left(\frac{E_0}{E_0 - kh'}\right) + \frac{h'}{\lambda_0} + n \ln\left(\frac{\ln\left(\frac{E_0}{E_0 - kh'}\right)}{a k} - h'\right)\right). \quad (6)$$

Значения концентрации, рассчитанные по формуле (6) имеют следующее поведение. Для легких налетающих частиц кривые возрастают, достигая максимума, затем убывают до нуля. С увеличением первоначальной энергии частицы кривые смещаются вправо. С увеличением пороговой энергии E_c значения концентрации уменьшаются и кривые проходят значительно ниже, переход через максимум осуществляется плавней. При энергиях $E_0 = 100$ кэВ кривая убывает. С увеличением атомного веса налетающей частицы значение функции в точке максимума увеличивается и, следовательно, кривые проходят выше, в то время как значения глубин уменьшаются. Результаты расчетов приведены на рисунках 1, 2 и в таблицах 1-4.

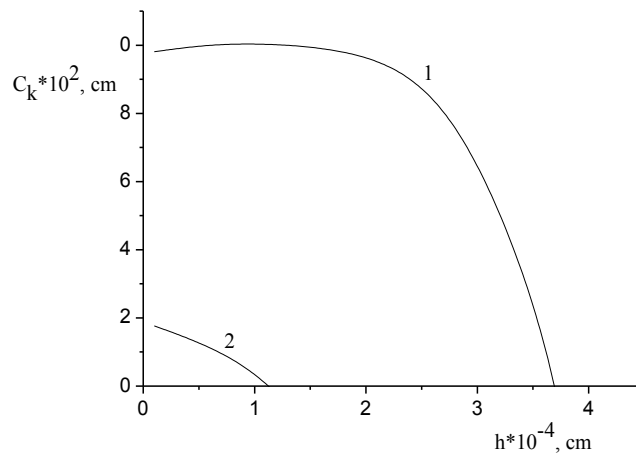


Рисунок 1. Зависимость концентрации радиационных дефектов от глубины при облучении титана ионами углерода при $E_0=200$ кэВ, $E_c=50$ кэВ (1), 100 кэВ (2)

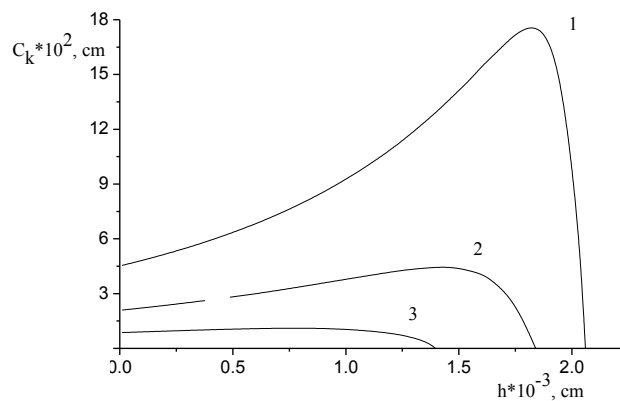


Рисунок 2. Зависимость концентрации радиационных дефектов от глубины при облучении титана ионами азота при $E_0=1000$ кэВ, $E_c=50$ кэВ (1), 100 кэВ (2), 200 кэВ (3)

Нахождение области результата концентрации радиационных дефектов при ионном облучении позволило найти закономерности поведения этой области. Отметим некоторые из них.

1. С увеличением пороговой энергии при одной и той же глубине проникновения значения концентрации радиационных дефектов значительно уменьшаются, значения границ области результата неменяются.

2. В зависимости от глубины проникновения значения концентрации радиационных дефектов возрастают.

3. С увеличением первоначальной энергии первичной частицы при одном и том же значении поровой энергии и глубины проникновения значения концентрации радиационных дефектов уменьшаются.

4. Интервал границ области результата концентрации радиационных дефектов в зависимости от глубины проникновения увеличивается, диапазон изменения границ колеблется от 0 до 5000.

5. В зависимости от пороговой энергии при одной и той же энергии и одной и той же глубине проникновения значения границ не меняются.

Таблица 1. Границы области определения концентрации радиационных дефектов для азота в алюминии при $E_c=50$ кэВ и $E_0=1000$ кэВ

$h \cdot 10^4$, см	C_k , см	E_0 , кэВ	n_0	n_1
0,1	296	1000	0	32
3,5	335	900	84	310
7,1	381,5	800	250	583
10,9	439	700	469	899
14,9	511	600	751	1277
19,1	605	500	1116	1742
23,6	734	400	1607	2344
26	817	350	1923	2723
28,5	919	300	2304	3175
29,6	970	280	2493	3396
30,6	1017,6	260	2677	3611
31,7	1074	240	2895	3864
32,9	1142	220	3154	4163
34	1205	200	3414	4463
35,2	1278	180	3728	4821
36,5	1361	160	4108	5253
37,7	1422	140	4505	5703
39,1	1487,2	120	5041	6300
40,4	1460	100	5630	6965
41,9	1270	80	6465	7894
42,6	976	70	6934	8414
43,4	413	60	7558	9102
44,1	-745	50	8207	9816

Таблица 2. Границы области определения концентрации радиационных дефектов для кремния в алюминии при $E_c=50$ кэВ и $E_0=1000$ кэВ

$h \cdot 10^4$, см	C_k , см	E_0 , кэВ	n_0	n_1
1	2750	1000	283	646
5,5	3220	800	2282	3164
11,5	4110	600	5783	7141
18,2	5641	400	11295	13166
21,9	7299	300	15597	17787
23,4	8135	260	17766	20101
25	9242	220	20473	22978
26,6	10590	180	23750	26443

$h \cdot 10^4$, см	C_k , см	E_0 , кэВ	n_0	n_1
28,2	12140	140	27862	30785
29,9	13500	100	33798	37022
31,1	11040	70	39802	43309
31,5	7505	60	42400	46023
31,9	-1859	50	45471	49228

Таблица 3. Границы области определения концентрации радиационных дефектов азота в кремнии при $E_c=50$ кэВ и $E_0= 500$ кэВ

$h \cdot 10^4$, см	C_k , см	E_0 , кэВ	n_0	n_1
0,1	539,56	500	0	49
7,2	659,43	400	1335	1876
11,0	738,60	350	2300	2992
15,0	836,5	300	3499	4354
16,6	879,91	280	4041	4943
18,3	929,91	260	4661	5634
20,0	982,89	240	5334	6379
21,8	1043,64	220	6111	7214
23,6	1107,22	200	6964	8144
25,4	1171,69	180	7909	9161
27,3	1240,69	160	9022	10362
29,3	1308,95	140	10354	11800
31,3	1351,09	120	11894	13430
33,4	1333,41	100	13807	15425
35,6	1132,9	80	16268	18010
36,7	854,20	70	17745	19592
37,8	311,92	60	19448	21426
38,9	0	50	21453	23468

Таблица 4. Границы области определения концентрации радиационных дефектов для углерода в титане при $E_c=100$ кэВ, $E_0= 500$ кэВ

$h \cdot 10^4$, см	C_k , см	E_0 , кэВ	n_0	n_1	τ
0,1	213,66	500	0	30	1"
2,1	238,34	400	132	337	4"
3,3	251,38	350	269	541	7"
4,5	255,62	300	439	769	9"
5	253,24	280	520	881	13"
5,5	246,35	260	610	994	17"
6	232,94	240	705	1110	24"
6,5	210,03	220	811	1252	26"
7,1	176,16	200	951	1423	33"
7,7	119,25	180	1109	1610	36"
8,2	24,45	160	1256	1789	11"
8,8	0	140	1456	2044	12"

Таким образом, в работе получены закономерности, возникающие при расчетах концентрации радиационных дефектов в твердых телах, облученных легкими ионами, предложен алгоритм расчета, произведены расчеты. Полученные результаты могут быть использованы при расчетах концентрации и для других элементов Периодической системы элементов Менделеева.

Список использованной литературы:

1. Боос Э.Г., Купчишин А.А., Купчишин А.И., Шмыгалев Е.В., Шмыгалева Т.А. Каскадно-вероятностный метод, решение радиационно-физических задач, уравнений Больцмана. Связь с цепями Маркова. Монография. - Алматы: КазНПУ им. Абая, НИИ НХТ и М КазНУ им. аль-Фараби, 2015. – 388 с.

2. Боос Э.Г., Купчишин А.И. Решение физических задач каскадно-вероятностным методом. - Алма-Ата: Наука, 1988, т.2. - 144 с.

УДК 66.045.54
ГРНТИ 20.53

Е.П. Макашев¹, А.С. Салимханова²

¹к.ф.-м.н., доцент Механико-математического факультета КазНУ им. аль-Фараби,
г. Алматы, Казахстан

²магистрант по специальности «Вычислительная техника и программное обеспечение»
КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ВЕНТИЛЯТОРНОЙ ГРАДИРНИ

Аннотация

В данной статье приводится алгоритм аэродинамического и теплового расчета вентиляторных градирен в зависимости от атмосферных условий (температуры, влажности, давления) местности. Проведение аэродинамического расчета дает возможность определить отношение массового расхода воздуха к расходу воды, учитывая общее сопротивление всех внутренних устройств вентиляторной градирни, скорость воздуха в свободном сечении градирни, плотности и давления воздуха внутри вентиляторной градирни. После проведения аэродинамического расчета производится тепловой расчет вентиляторной градирни по методу Меркеля. В тепловом расчете определяются энтальпии насыщенного воздуха у поверхности воды и в ядре потока, что дает возможность для нахождения температуры воды на выходе из вентиляторной градирни. Проанализированы факторы, влияющие на стабильность, надежность и эффективность работы вентиляторной градирни. Представлены формулы и алгоритм для определения свойств влажного воздуха и методы инженерных вычислений вентиляторной градирни на основе экспериментальных данных. На основе этих расчетов разработан программный комплекс с удобным интерфейсом.

Ключевые слова: вентиляторная градирня, расчетные зависимости, температура, относительная влажность, водоуловитель.

Аңдатпа

Е.П. Макашев¹, А.С. Салимханова²

¹ф.-м.ғ.к., Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-ің доценті, Алматы қ., Қазақстан

²Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, «Есептеу техникасы және программалық қамтамасыз ету»
мамандығының магистранты, Алматы қ., Қазақстан

ЖЕЛДЕТКІШТІ ГРАДИРНЯНЫ ЕСЕПТЕУ ӘДІСТЕМЕСІН ҚҰРУ

Бұл ғылыми мақалада желдеткішті градирняның жергілікті атмосфералық шарттарға байланысты (температура, ылғалдылық, қысым) аэродинамикалық және жылулық есептеуі келтірілген. Желдеткішті градирняның жұмыс істеуінің тиімділігі, тұрақтылығы және сенімділігіне әсер ететін факторлар талданған. Аэродинамикалық есептеуді орындау желдеткішті градирняның барлық ішкі құрылғыларының жалпы кедергісін, градирняның еркін қимасындағы ауаның жылдамдығын, желдеткішті градирняның ішіндегі ауаның тығыздығы мен қысымын есептей отырып, массалық су шығынының су шығынына λ қатынасын анықтауға мүмкіндік береді. Аэродинамикалық есептеуді орындап болғаннан кейін Меркел әдісі бойынша желдеткішті градирняның жылулық есептеуі жүргізіледі. Жылулық есептеуде желдеткішті градирняның шығысындағы судың температурасын табуға мүмкіндік беретін судың беткі және ағыс өзегіндегі қаныққан ауаның энтальпиясы анықталады. Желдеткішті градирняның өнімділігін есептеуге арналған аэродинамикалық және климаттық шарттар бойынша атмосфералық есептеу параметрлері төңірегіндегі эксперименттік деректер негізінде, желдеткішті градирняны инженерлік есептеу әдістері және ылғал ауаның қасиеттерін анықтауға арналған формулалар келтіріледі. Осы есептеулердің нәтижесінде ыңғайлы интерфейс програмалық қамтама құрылды.

Түйін сөздер: Желдеткішті градирня, есептеу тәуелділіктері, температура, салыстырмалы ылғалдылық, кедергі, тамшы жинағыш.

Abstract

Makashev Y.P.¹, Salimkhanova A.S.²

¹Cand. Sci. (Phys.-Math), Associate Professor, Al-Farabi KazNU, Almaty, Kazakhstan

²Student of Master Programme in Computers and Software. Al-Farabi KazNU, Almaty, Kazakhstan

DEVELOPMENT METHODS OF CALCULATING THE COOLING TOWERS

This article provides aerodynamic and thermal calculation of ventilatory cooling towers depending on atmospheric conditions (temperature, humidity, pressure) of an area. The features of modern water circulation systems of cooling the equipment via ventilatory coolers are considered. Carrying out aerodynamic calculation gives the chance to determine λ - the relation of a mass consumption of air to a water consumption, considering general resistance of all internal devices of the ventilatory cooler, air speed in the free section of the cooler, density and pressure of air in the ventilatory cooler. After carrying out aerodynamic calculation thermal calculation of the ventilatory cooler for Merkel's method is made. In thermal calculation enthalpies of saturated air at a water surface and in a flow kernel are determined that gives the chance for finding of water temperature at the exit from the ventilatory cooler. The factors that influence the stability, reliability and efficiency of the cooling towers are analyzed. The formulas for determining the properties of moist air are presented, and methods of engineering calculations of a cooling tower based on the experimental data in the field of parameters of atmospheric calculations for aerodynamic and climatic conditions are presented. Based on these calculations the software complex with the usable interface developed.

Key words: cooling tower, calculated dependencies, temperature, relative humidity, resistance, water catchers.

Введение

Вентиляторная градирня – это устройство, предназначенное для дисперсии в атмосферном воздухе потока тепла, полученного охлаждающей водой в охладительных устройствах. В градирне происходит непосредственный контакт охлаждаемой воды с атмосферным воздухом.

Теплая вода попадает в главный коллектор водораспределителя. Далее происходит транспорт через систему труб к форсункам. Форсунки распыляют струи воды на ороситель, создавая экран воды с большой поверхностью контакта. Вода, отрывающаяся от нижних краев элементов стока оросителя, опадает в форме дождя в поддон, находящийся под градирней, откуда нагнетается обратно в охлаждающее устройство.

Процесс охлаждения воды проходит, в главной мере, за счет испарения протекающей струей воздуха небольшой части струи охлаждаемой воды (транспорт массы), с использованием тепла фазового перехода (теплоты испарения), получаемой от водной струи, а также – в меньшей мере – за счет конвективного теплообмена между водой и воздухом (транспорт тепла).

Противоточное течение воздуха в градирни, вызвано вытяжным воздействием осевого вентилятора, производительность которого подобрана к требуемым параметрам охлаждения. Вентилятор установлен внутри корпуса, на перекрытии отсека градирни. Воздух втягивается внутрь отсека через входные окна, оснащенные жалюзи, которые предохраняют от попадания твердых тел из окружающей среды, например, листьев, а также от разбрызгивания охлаждаемой воды вне градирни. Далее втянутый воздух проходит через зону дождя под оросителями, через оросительное заполнение, в зону разбрызгивания воды над оросителем, а далее происходит захват капель водоуловителем, который сводит к минимуму потерю воды из-за угона капель. Подогретый и увлажненный воздух протекает через вентилятор, после чего через верхний разрез корпуса вентилятора выдувается наружу, в окружающую среду [1].

Алгоритм расчета вентиляторный градирни

Аэродинамический расчет

Задача определения расхода воздуха может возникнуть при проектировании и привязке градирен, а также во время эксплуатации для проведения работ по реконструкции. С этой целью производят аэродинамический расчет градирни. Для его выполнения необходимо знать тип и конструкцию градирни, марку вентилятора, основные размеры градирни (секции), ее входных окон, воздухораспределителя, оросителя, водораспределителя и водоуловителя.

Материалы натурных и лабораторных исследований позволяют общее сопротивление градирни определить по формуле:

$$\Delta P' = \xi_{\text{общ}} \frac{\rho \cdot \omega^2}{2}, \quad (1)$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м³; ω – скорость движения воздуха в свободном сечении градирни, м/с; $\xi_{\text{общ}}$ – общий коэффициент сопротивления градирни:

$$\xi_{общ} = \xi_{вх} + \xi_{ор} \cdot H_{ор} + \xi_{вр} + \xi_{вв} + \xi_{д} + \xi_{тр}, \quad (2)$$

$\xi_{вх}$ – коэффициент сопротивления входа в градирню; $\xi_{ор}$ – коэффициент сопротивления оросителя; $\xi_{вр}$ – коэффициент сопротивления водораспределителя; $\xi_{вв}$ – коэффициент сопротивления водоуловителя; $\xi_{д}$ – коэффициент сопротивления дождя; $\xi_{тр}$ – коэффициент сопротивления трения поверхности башни градирни; $H_{ор}$ – высота оросителя, м.

Значение $\xi_{вх}$ определяется по формуле

$$\xi_{вх} = 6784,0 \cdot e^{-21,7 \frac{f_{ок}}{f_{ор}}}. \quad (3)$$

Значения $\xi_{ор}$, $\xi_{вр}$ и $\xi_{вв}$ зависят от типа оросителя, водораспределителя и водоуловителя. Обычно они определяются на основании исследований на моделях с учетом натуральных измерений. В нашем случае эти коэффициенты сопротивления были впервые определены с использованием формулы Эргана для пористых сред:

$$\xi_i = 150 \frac{\zeta^2}{\varepsilon^3} \rho_g \frac{v_g \omega}{d^2} + 1,75 \frac{\zeta}{\varepsilon^3} \frac{\rho_g \omega^2}{d}. \quad (4)$$

Используя (4) определяем сопротивления $\xi_{ор}$, $\xi_{вр}$ и $\xi_{вв}$:

$$\xi_{ор} = 150 \frac{0,02^2}{0,98^3} \rho_g \frac{v_g \omega}{0,028^2} + 1,75 \frac{0,02}{0,98^3} \frac{\rho_g \omega^2}{0,028}, \quad (5)$$

$$\xi_{вр} = 150 \frac{0,05^2}{0,95^3} \rho_g \frac{v_g \omega}{2,418^2} + 1,75 \frac{0,05}{0,95^3} \frac{\rho_g \omega^2}{2,418}, \quad (6)$$

$$\xi_{вв} = 150 \frac{0,21^2}{0,79^3} \rho_g \frac{v_g \omega}{0,0785^2} + 1,75 \frac{0,21}{0,79^3} \frac{\rho_g \omega^2}{0,0785}. \quad (7)$$

Значение $\xi_{д}$ определяется:

$$\xi_{д} = q_{ж} (0,2 \cdot l + K_{ор} \cdot H_{ор} + K_{вр} \cdot h_{вр}) \quad (8)$$

где 0,2 – коэффициент удельного сопротивления дождя под оросителем, отнесенный к скорости воздуха в свободном горизонтальном сечении градирни так же, как и все остальные коэффициенты сопротивления в формулах; l – половина длины водораспределителя, равная половине радиуса оросителя, м; $K_{вр}=0,1$ – коэффициент распределения дождя в водораспределительном устройстве; $h_{вр}=h_{фв}+h_{нв}$ – высота дождя в водораспределителе, при соплах факелами вниз равная 0,2...0,6; 0,8 м – при направлении факелами вверх; $h_{фв}=0,6$ – высота факела; $h_{нв}=0,875$ – высота падения воды; $K_{ор}=0,12$ – коэффициент сопротивления дождя в оросителе.

Коэффициент сопротивления трения поверхности башни градирни $\xi_{тр}$ определяется по выражению:

$$\xi_{тр} = 0,11 \cdot \left(\frac{\Delta}{d_{г}} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25} \quad (9)$$

где $d_{г}$ – гидравлический размер (диаметр градирни); $\text{Re} = \frac{\omega \cdot d_{г}}{\nu}$ – число Рейнольдса, Δ – шероховатость поверхности.

Анализ проведенных расчетов показал, что $\xi_{тр}$ – малая величина и оказывает незначительное влияние на общий коэффициент сопротивления градирни $\xi_{общ}$.

Тепловой расчет

Тяга градирни с учетом работы вентилятора находится по формуле

$$\Delta P = \frac{q_v \rho_1}{3600 \omega H_{д}}. \quad (10)$$

Для определения значения плотности воды (кг/м³), как функции температуры воды t_i , на входе и выходе из градирни была использована формула

$$\rho_{ii} = \frac{0,999875 + 0,008t_i}{1 + 0,008t_i + 0,00000799t_i}, \quad (11)$$

Из равенства самотяги и сопротивления воздуха в свободном сечении градирни:

$$\omega = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\xi_{общ} \rho_{cp} \cdot K_{\xi}}}, \quad (12)$$

где $\xi_{общ}$ - коэффициент общего сопротивления градирни, $\rho_{cp} = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}$ - средняя плотность атмосферного воздуха, $K_{\xi} = 1,0$ - поправочный коэффициент.

Скорость воздуха в свободном сечении в градирне с учетом работы вентилятора находится по формуле

$$\omega = \frac{q_{\epsilon}}{f_{op}} \quad (13)$$

где q_{ϵ} - объемный расход воздуха, м³/с, f_{op} - площадь оросителя, м².

Погрешность вычислений относительно принятого ранее значения скорости:

$$\delta = \frac{|\omega' - \omega|}{\omega}.$$

Мощность работы вентилятора:

$$N = 0,001 \left(\frac{q_{\epsilon} \cdot \Delta \rho_g \cdot g \cdot \xi_{nom}}{\eta} \right), \text{кВт} \quad (14)$$

где ξ_{nom} - коэффициент потери тяги градирни за счет сопротивления градирни, $\eta = 0,849$ - общая эффективность вентилятора.

Массовый расход воздуха определяется по уравнению неразрывности:

$$G_B = 3600 \cdot f_{op} \cdot \omega \cdot \rho_{cp}, \text{кг/ч.} \quad (15)$$

Удельный расход воздуха:

$$\lambda = \frac{G_B}{G_{Ж}}. \quad (16)$$

При тепловом расчете градирен и в нормативных документах наибольшее распространение получил метод Меркеля, по которому коэффициент массоотдачи β_{xv} , отнесенный к разности влагосодержаний, определяются как:

$$\beta_{xv} = \frac{G_{Ж} \cdot \Delta t \cdot c_{Ж}}{k \cdot V \cdot \Delta i_{cp}}, \text{кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч}) \quad (17)$$

где $G_{Ж}$ - гидравлическая нагрузка на градирню, кг/ч; Δt - перепад температур воды, °С; $c_{Ж} = 4,19$ - теплоемкость воды, кДж/(кг °С); k - коэффициент уравнения (равный в среднем 0,96); $V = 100$ - объем оросителя градирни, м²; Δi_{cp} - средняя разность энтальпий воздуха, кДж/кг;

$$\beta_{xv} = A \cdot \lambda^m \cdot q_{Ж} \quad (18)$$

где $A = 0,67$ - эмпирический коэффициент характеризующий охлаждающую способность оросителя не его, 1/м; λ - удельный расход воздуха, кг/кг; $m = 0,98$ - показатель степени, характеризующий зависимость объемного коэффициента массоотдачи от изменения массовой скорости воздуха;

$$Me = \frac{\beta_{xv} \cdot h}{q_{Ж}} = \frac{\Delta t \cdot c_{Ж}}{k \cdot \Delta i} = A \cdot h \cdot \lambda^m, \quad (19)$$

где Me - безразмерный критерий Меркеля; h - высота оросителя градирни, м.

Величины A и m – технологические характеристики оросителя. Они получаются экспериментально в результате обработки данных испытаний. Величина m характеризует степень использования воздуха в данном оросителе.

В исходных данных для расчетов градирни обычно принято задавать значения температуры атмосферного воздуха по сухому термометру ϑ_1 и относительную влажность воздуха φ . По ним в процессе расчета определяются величины энтальпии i_1 и плотности входящего воздуха.

Значение i_1 определяется по ϑ_1 и φ_1 по формуле:

$$i_1 = 1,0056 \cdot \vartheta_1 + \frac{\varphi_1 \rho_g'' \cdot R_g \cdot (\vartheta_1 + 273,15)}{P_B - \varphi_1 \cdot p_g''} \cdot (r + 1,9693 \cdot \vartheta_1) \quad (20)$$

где i_1 – энтальпия воздуха в ядре потока при входе в градирню, кДж/кг; ρ_g'' и p_g'' – плотность и давление насыщенного пара как функции температуры воздуха (в данном случае по сухому термометру ϑ_1); $r=2493,0$ кДж/кг – теплота парообразования, кДж/кг; $R_g=288,28$ Дж/(кг·К) – газовая постоянная для воздуха.

Величина разности энтальпий воздуха в формулах (17) и (19) может быть подсчитана формулой Л.Д.Бермана. Формула Л.Д. Бермана с учетом указанной поправки имеет вид:

$$\Delta i_{cp} = \frac{(i_1'' - i_2) - (i_2'' - i_1)}{\ln \left(\frac{i_1'' - i_2 - \delta i''}{i_2'' - i_1 - \delta i''} \right)}, \quad (21)$$

где i_1'' – энтальпия насыщенного воздуха у поверхности воды на входе в градирню, кДж/кг; i_2 – энтальпия воздуха в ядре потока при выходе из градирни, кДж/кг; i_2'' – энтальпия насыщенного воздуха у поверхности воды на выходе из градирни, кДж/кг; $\delta i''$ – поправка к удельной энтальпии воздуха, кДж/кг

$$\delta i'' = \frac{i_1'' - i_2'' - 2i_m''}{4} \quad (22)$$

где i_m'' – теплосодержание насыщенного воздуха при средней температуре воды.

Энтальпии i_2 и i'' определяются, как функции от температуры воды t по формулам:

$$i'' = 1,0056 \cdot t + \frac{\varphi \cdot \rho_t \cdot R_{c.s.} \cdot (t + 273,15)}{P_B - \varphi \cdot p_t''} \cdot (r + 1,9693 \cdot t), \text{ при } \varphi = 1; \quad (23)$$

$$i_2 = i_1 + \frac{c_{ж} \cdot \Delta t}{k \cdot \lambda}; \Delta t = t_1 - t_2; k = 1 - \frac{t_2 \cdot c_{ж}}{r}. \quad (24)$$

Величина A не зависит от высоты оросителя при его высоте $>2,8$ м. При меньшей высоте оросителя она существенно влияет на величину коэффициента A .

Величина m постоянна при высоте оросителя менее 3,8 м. При большей высоте оросителя значение m плавно снижается и достигает при высоте 5 м величины, составляющей 0,8 от ее значения при 3,8; т.е. $m = \text{const}$ при высоте, меньшей или равной 3,8 м. Промежуточные значения m при высоте оросителя от 3,8 до 5 м было подсчитано интерполяцией.

Температура воды на выходе:

$$t_2 = t_1 - \frac{A \cdot \lambda^m \cdot h \cdot k \cdot \Delta i_{cp}}{c_{ж}}. \quad (25)$$

Поправочный коэффициент k учитывает перенос теплоты водяным паром, проникающим от водной поверхности в воздушный поток:

$$k = 1 - \frac{t_2 \cdot c_{ж}}{\left[1 + \frac{Q_\alpha}{Q_\beta} \right] r}. \quad (26)$$

Величина $\frac{Q_\alpha}{Q_\beta}$, входящая в эту формулу, равна нулю при расчете градирен в жаркое время года, когда

влиянием тепла, передаваемого воздуху конвекцией и теплопроводностью Q_a на общую теплопередачу можно пренебречь [2,3].

Учитывая вышеприведенную методику расчета вентиляторной градирни разработан алгоритм расчета вентиляторной градирни с определением аэродинамического и теплового расчета (рис. 1).

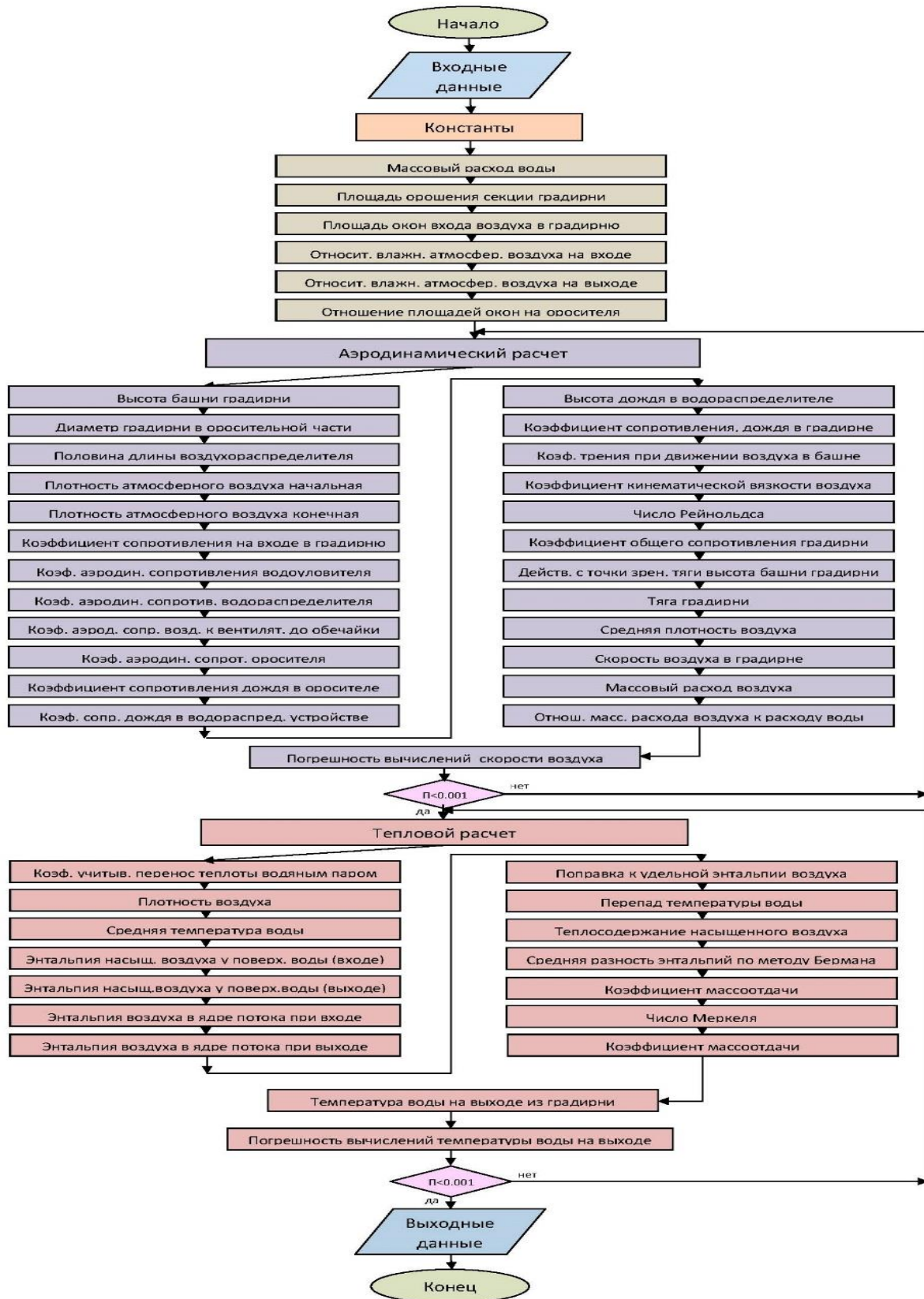


Рисунок 1. Алгоритм расчета вентиляторной градирни

Заклучение

Разработаны методика и алгоритм расчета аэродинамики и тепломассообмена процесса охлаждения воды в противоточном воздушном потоке в рабочей части вентиляторной градирни. Методика расчета аэродинамики и тепломассообмена позволит найти новые качественные и количественные закономерности, применение которых на практике повысит эффективность охлаждения воды и определить оптимальные условия протекания технологического процесса в градирне.

Список использованной литературы:

1. Пономаренко В.С. Градирни промышленных и энергетических предприятий: Справочник / В.С. Пономаренко, Ю.И. Арефьев. – М.: Энерготомиздат, 1998. - 376 с.
2. Меренцов, Н.А. Экспериментальная установка для исследования тепломассообменных процессов в насадочных устройствах градирен / Н.А. Меренцов, В.А. Балашиов, А.Б. Голованчиков, Я.А. Орлянкина // Известия ВолгГТУ: межвуз. сб. науч. ст. № 1 / ВолгГТУ. – Волгоград, 2012. – (Серия «Реология, процессы и аппараты химической технологии»; вып. 5). – С. 78-80.
3. Голованчиков, А.Б. Моделирование гидромеханических и тепло- и массообменных процессов в вентиляторной градирне с капельным орошением и проволочной насадкой / А.Б. Голованчиков, Н.А. Меренцов, В.А. Балашиов, Я.А. Орлянкина // Известия ВолгГТУ: межвуз. Сб. науч. ст. № 10(97) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2012. – 22-28 б.
4. Амантаева А.Б., Макашев Е.П., Омарова П.Т., Досбол У.А. Анализ и прогноз динамики процессов опустынивания территории Республики Казахстан // Вестник КазНПУ. Серия физико-математические науки, 2015., №3 (51). – С. 14-20.

УДК 521.1

ГРНТИ41.03.02

М.Дж. Минглибаев¹, Г.М. Маемерова², С.А. Шомиекова³

¹д.ф.-м.н., профессор КазНУ им. аль-Фараби, г.н.с. Астрофизического института
им. В.Г. Фесенкова, г. Алматы, Казахстан

² PhD, старший преподаватель КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

³ PhD докторант КазНУ им. аль-Фараби, н.с. Астрофизического института
им. В.Г. Фесенкова, г. Алматы, Казахстан

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ЭКЗОПЛАНЕТНЫХ СИСТЕМ

Аннотация

В работе рассматривается задача трех тел с переменными массами, изменяющимися неизотропно в различных темпах, как небесно-механическая модель нестационарных экзопланетных систем. Исходя из уравнения Мещерского получены дифференциальные уравнения экзопланетных систем в абсолютной системе координат. В относительной системе координат с началом в центре родительской звезды выведены дифференциальные уравнения движения задачи трех тел с переменными массами при наличии реактивных сил. Выделена возмущающая функция, приведены уравнения возмущенного движения в форме уравнений Лагранжа. В дальнейшем планируются получения разложения возмущающей функции через элементы с использованием системы аналитических вычислений «Mathematica». Полученные уравнения будут использованы для исследования динамической эволюции экзопланетных систем, в случае, когда происходит неизотропные изменения масс родительской звезды и планет.

Ключевые слова: задача трех тел с переменными массами, нестационарные экзопланетные системы, уравнение Мещерского, звезды с переменными массами, аperiodическое движения, протопланетный диск.

Аңдатпа

М.Дж. Минглибаев¹, Г.М. Маемерова², С.А. Шомиекова³

¹ф.-м.ғ.д, Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-ің профессоры, В.Г. Фесенков атындағы Астрофизикалық институтының бас ғылыми қызметкері, Алматы қ., Қазақстан

² PhD докторы, Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-нің аға оқытушысы, Алматы қ., Қазақстан

³Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-нің PhD докторанты, В.Г. Фесенков атындағы Астрофизикалық институтының ғылыми қызметкері, Алматы қ., Қазақстан

БЕЙСТАЦИОНАР ЭКЗОПЛАНЕТАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ҚОЗҒАЛЫСЫНЫҢ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕНДЕУІ

Жұмыста бейстационар экзопланеталық жүйелердің аспан-механикасы моделі ретінде, әртүрлі қарқынмен изотропты емес өзгертін, айнымалы массалы үш дене есебі қарастырылған. Мещерский тендеуінен абсолютті координат

наталар жүйесіндегі экзопланеталық жүйелердің дифференциалдық теңдеуі алынған. Ортадағы аналық жұлдыздың бастапқы салыстырмалы координаталар жүйесіндегі, реактивті күштің болуынан, айнымалы массалы үш дене есебінің дифференциалды қозғалыс теңдеуі шығарылды. Лагранж теңдеуінің формасында ұйытқыған қозғалыс теңдеуі келтірілді, ұйытқыған функция көрсетілді. Болашақта «Mathematica» аналитикалық есептеу жүйесінің элементтерін қолдану арқылы ұйытқыған функция жіктелуін алу жоспарлануда. Алынған теңдеулер аналық жұлдыз және планета массаларының изотропты емес өзгеруі кезіндегі жағдайда экзопланеталық жүйелердің динамикалық эволюциясын зерттеуге қолданылады.

Түйінді сөздер: айнымалы массалы үш дене есебі, бейстационар экзопланеталық жүйелер, Мещерский теңдеуі, айнымалы массалы жұлдыздар, аперидикалық қозғалыс, протопланеталық диск.

Abstract

Minglibayev V.Zh.¹, Mayemerova G.M.², Shomshekova S.A.³

¹Dr. Sci. (Phys.-Math), Professor of Al-Farabi KazNU, Lead Researcher of Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan

²PhD, Senior Lecturer of Al-Farabi KazNU, Almaty, Kazakhstan

³PhD student of Al-Farabi KazNU, Researcher of Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan

DIFFERENTIAL EQUATIONS OF THE RELATIVE MOTION OF NON-STATIONARY EXOPLANET SYSTEMS

We considered the three-body problem with variable masses changing anisotropically at different rates as sky-mechanical model of non-stationary exoplanet systems. On the basis of equation of Meshchersky was obtained the differential equations of exoplanet systems in the absolute coordinate system. In the relative coordinate system with the origin at the center of the parent star was derived differential equations of motion of three-body problem with variable masses in the presence of reactive forces. Perturbing function has been highlighted equation of motion in the form of Lagrange equations. It is planned to get disturbing degradation features of the elements using the «Mathematica» analytical calculation system. These equations will be used to study the dynamical evolution of exoplanet systems, in case where there are non-isotropic changes in mass of the parent stars and planets.

Keywords: three-body problem with variable masses, non-stationary exoplanet systems, equation of Meshchersky, stars with variable masses, aperiodic motion, protoplanetary disk.

1. Введение

Исследования экзопланетной системы совместно с историей родительской звездой имеет важное значение для понимания их образования и дальнейшего эволюции планетных систем. Эволюция планетной системы и эволюция центральной звезды этой планетной системы генетически взаимосвязаны. Вещество из протопланетного диска могут периодически падать во внутрь родительской звезды, вызывая эпизодические массовые неизотропные вспышки, которые могут сильно возмущать движение планеты [1-8-9]. В ранних стадиях эволюции так же имеет важное значение аккреция из протопланетного диска на планеты, вследствие чего происходит рост массы планеты, так же преимущественно неизотропным образом. В связи с этим, исследуется задача трех тел с массами, изменяющиеся неизотропно в различных темпах [2-6]. Тела рассматриваются как сферические тела со сферическими распределениями масс. Исходя из уравнения Мещерского, получены уравнения движения задачи двух протопланетной задачи трех тел с переменными массами, изменяющимися неизотропно в различных темпах при наличии реактивных сил в абсолютной прямоугольной декартовой системе координат. Далее, получены уравнения движения рассматриваемой задачи в относительной системе координат с началом в центре родительской звезды.

2. Дифференциальные уравнения движения задачи

2.1 Уравнения движения в абсолютной системе координат

Рассмотрим экзопланетную систему, состоящую из трех взаимогравитирующих сферических небесных тел. Пусть, T_0 - центральная родительская звезда, T_1 - внутренняя планета и T_2 - внешняя планета с переменными массами

$$m_0 = m_0(t), \quad m_1 = m_1(t), \quad m_2 = m_2(t), \quad (2.1)$$

изменяющимися неизотропно в различных темпах [6], при этом

$$m_0 \square m_1, \quad m_0 \square m_2, \\ \frac{\dot{m}_0}{m_0} \neq \frac{\dot{m}_1}{m_1}, \quad \frac{\dot{m}_0}{m_0} \neq \frac{\dot{m}_2}{m_2}, \quad \frac{\dot{m}_1}{m_1} \neq \frac{\dot{m}_2}{m_2}. \quad (2.2)$$

При наличии реактивных сил, в абсолютной системе координат из уравнения Мещерского [4] получим

$$m_j \ddot{\vec{R}}_j = \text{grad}_{\vec{R}_j} U + \dot{m}_j \vec{V}_j, \quad \vec{V}_j = \vec{u}_j - \dot{\vec{R}}_j, \quad j = 0, 1, 2, \quad (2.3)$$

$$U = f \left(\frac{m_0 m_1}{R_{01}} + \frac{m_0 m_2}{R_{02}} + \frac{m_1 m_2}{R_{12}} \right), \quad (2.4)$$

где \vec{u}_j - абсолютная скорость отделяющихся частиц,

$$\vec{V}_j = \vec{u}_j - \dot{\vec{R}}_j \neq 0, \quad j = 0, 1, 2 \quad (2.5)$$

относительная скорость отделяющихся частиц. \vec{R}_j - радиус вектор центра сферических тел, \vec{R}_{ij} - взаимные расстояния центра сферических тел, f - гравитационная постоянная. Следуя Л.Г. Лукьянову [4] будем считать, что реактивные силы приложены к центру соответствующих сферических тел. Обычно, в наблюдательной астрономии для конкретных небесных тел определяются закон изменения масс (2.1) - (2.2) и относительные скорости отделяющихся частиц (2.5). Например, относительная скорость, отделяющаяся частицы из звезды Вольф-Райе (WR) порядка 1000 км/с, при этом темп убывания массы из-за звездного ветра $\dot{M} \approx -10^{-5} M_{\odot} / \text{год}$ [1-5-10]. Звезды спектрального класса М теряет массу в темпе $\dot{M} \approx -10^{-6} M_{\odot} / \text{год}$ [5-6-11]. Поэтому будем считать, что величины (2.1), (2.5) известны.

2.2 Уравнения движения в относительной системе координат

Введем относительную систему координат с началом в центре родительской звезды T_0 , оси которой параллельны соответствующим осям абсолютной системы координат. В относительных координатах уравнения движения можно записать в виде

$$\ddot{\vec{R}}_{01} = \frac{1}{\mu_{01}} \text{grad}_{\vec{R}_{01}} U + \frac{\dot{m}_1}{m_1} \vec{V}_1 - \frac{\dot{m}_0}{m_0} \vec{V}_0, \quad \vec{R}_{01} = \vec{R}_1 - \vec{R}_0, \quad (2.6)$$

$$\ddot{\vec{R}}_{02} = \frac{1}{\mu_{02}} \text{grad}_{\vec{R}_{02}} U + \frac{\dot{m}_2}{m_2} \vec{V}_2 - \frac{\dot{m}_0}{m_0} \vec{V}_0, \quad \vec{R}_{02} = \vec{R}_2 - \vec{R}_0, \quad (2.7)$$

$$\frac{1}{\mu_{01}} = \frac{1}{m_0} + \frac{1}{m_1} = \frac{m_0 + m_1}{m_0 m_1}, \quad \frac{1}{\mu_{02}} = \frac{1}{m_0} + \frac{1}{m_2} = \frac{m_0 + m_2}{m_0 m_2} \quad (2.8)$$

Обозначим

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_1(t) = \frac{\dot{m}_1}{m_1} \vec{V}_1 - \frac{\dot{m}_0}{m_0} \vec{V}_0 = \vec{F}_1(F_{1x}, F_{1y}, F_{1z}) \neq 0, \quad (2.9)$$

$$\vec{F}_2 = \vec{F}_2(t) = \frac{\dot{m}_2}{m_2} \vec{V}_2 - \frac{\dot{m}_0}{m_0} \vec{V}_0 = \vec{F}_2(F_{2x}, F_{2y}, F_{2z}) \neq 0, \quad (2.10)$$

Перепишем полученные уравнения в виде

$$\ddot{\vec{R}}_{01} + f(m_0 + m_1) \frac{\vec{R}_{01}}{R_{01}^3} = \text{grad}_{\vec{R}_{01}} (U_{01} + F_{1x} X_1 + F_{1y} Y_1 + F_{1z} Z_1) \quad (2.11)$$

$$\ddot{\vec{R}}_{02} + f(m_0 + m_2) \frac{\vec{R}_{02}}{R_{02}^3} = \text{grad}_{\vec{R}_{02}} (U_{02} + F_{2x} X_2 + F_{2y} Y_2 + F_{2z} Z_2) \quad (2.12)$$

$$U_{0i} = f \sum_{j=1}^2 m_j \left(\frac{1}{R_{ij}} - \frac{X_i X_j + Y_i Y_j + Z_i Z_j}{R_j^3} \right) \quad (2.13)$$

$$R_{ij} = \sqrt{(X_j - X_i)^2 + (Y_j - Y_i)^2 + (Z_j - Z_i)^2} \quad (2.14)$$

$$R_i = \sqrt{X_i^2 + Y_i^2 + Z_i^2} \quad (2.15)$$

3. Уравнения движения в оскулирующих элементах аperiodического движения по квазиконическому сечению.

3.1 Выделение возмущающих функции. Обозначим

$$\vec{R}_{01} = \vec{R}_1 - \vec{R}_0 = \vec{r}_1, \quad \vec{R}_{02} = \vec{R}_2 - \vec{R}_0 = \vec{r}_2, \quad \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = \vec{r}_{12} \quad (3.1)$$

Тогда уравнения (2.11), (2.12) можно написать в виде

$$\ddot{\vec{r}}_1 + f(m_0 + m_1) \frac{\vec{r}_1}{r_1^3} - \frac{\ddot{\gamma}_1}{\gamma_1} \vec{r}_1 = fm_2 \left(\frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} - \frac{\vec{r}_2}{r_2^3} \right) + \vec{Q}_1 + \vec{P}_1, \quad (3.2)$$

$$\vec{Q}_1 = \text{grad}_{\vec{r}_1} (F_{1x} x_1 + F_{1y} y_1 + F_{1z} z_1) \quad (3.3)$$

$$\vec{P}_1 = -\frac{\ddot{\gamma}_1}{\gamma_1} \vec{r}_1, \quad \gamma_1 = \frac{m_0(t_0) + m_1(t_0)}{m_0(t) + m_1(t)} = \gamma_1(t), \quad (3.4)$$

$$\ddot{\vec{r}}_2 + f(m_0 + m_2) \frac{\vec{r}_2}{r_2^3} - \frac{\ddot{\gamma}_2}{\gamma_2} \vec{r}_2 = fm_1 \left(\frac{\vec{r}_1 - \vec{r}_2}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|^3} - \frac{\vec{r}_1}{r_1^3} \right) + \vec{Q}_2 + \vec{P}_2, \quad (3.5)$$

$$\vec{Q}_2 = \text{grad}_{\vec{r}_2} (F_{2x} x_2 + F_{2y} y_2 + F_{2z} z_2), \quad (3.6)$$

$$\vec{P}_2 = -\frac{\ddot{\gamma}_2}{\gamma_2} \vec{r}_2, \quad \gamma_2 = \frac{m_0(t_0) + m_2(t_0)}{m_0(t) + m_2(t)} = \gamma_2(t) \quad (3.7)$$

Перепишем уравнения (3.2), (3.5) в виде

$$\ddot{\vec{r}}_1 + f(m_0 + m_1) \frac{\vec{r}_1}{r_1^3} - \frac{\ddot{\gamma}_1}{\gamma_1} \vec{r}_1 = \text{grad}_{\vec{r}_1} \tilde{W}_1 \quad (3.8)$$

$$\ddot{\vec{r}}_2 + f(m_0 + m_2) \frac{\vec{r}_2}{r_2^3} - \frac{\ddot{\gamma}_2}{\gamma_2} \vec{r}_2 = \text{grad}_{\vec{r}_2} \tilde{W}_2, \quad (3.9)$$

где возмущающие функции имеют вид

$$\tilde{W}_1 = W_1 + Q_1 + P_1 \quad (3.10)$$

$$\tilde{W}_2 = W_2 + Q_2 + P_2 \quad (3.11)$$

$$W_1 = \frac{\mu_2}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|} - \mu_2 \frac{\vec{r}_1 \cdot \vec{r}_2}{r_2^3}, \quad Q_1 = F_{1x} x_1 + F_{1y} y_1 + F_{1z} z_1, \quad P_1 = -\frac{\ddot{\gamma}_1}{2\gamma_1} (x_1^2 + y_1^2 + z_1^2), \quad (3.12)$$

$$W_2 = \frac{\mu_1}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|} - \mu_1 \frac{\vec{r}_1 \cdot \vec{r}_2}{r_1^3}, \quad Q_2 = F_{2x} x_2 + F_{2y} y_2 + F_{2z} z_2, \quad P_2 = -\frac{\ddot{\gamma}_2}{2\gamma_2} (x_2^2 + y_2^2 + z_2^2), \quad (3.13)$$

$$\mu_2 = fm_2, \quad \mu_1 = fm_1, \quad r_{21} = |\vec{r}_1 - \vec{r}_2| = r_{12} \quad (3.14)$$

Полученные уравнения (3.8), (3.9) удобные для использования теории возмущения на базе аperiодического движения по квазиконическому сечению [3-12-13]. В случае, когда возмущающие функции (3.10), (3.11) равны нулю

$$\tilde{W}_i = 0, \quad i = 1, 2,$$

левая часть этих уравнений описывает индивидуальные аperiодические движения по квазиконическому сечению [3-14]. Для наших целей предпочтительно уравнения возмущенного движения в форме уравнений Лагранжа.

3.2 Уравнения возмущенного движения планет в форме уравнении Лагранжа. В теории возмущения на базе аperiодического движения по квазиконическому сечению уравнения возмущенного движения в форме Лагранжа имеют вид [3-15]

$$\dot{a}_i = \frac{2}{n_i a_i} \frac{\partial \tilde{W}_i}{\partial M_i}, \quad (3.15)$$

$$\dot{e}_i = \frac{1 - e_i^2}{n_i a_i^2 e_i} \frac{\partial \tilde{W}_i}{\partial M} - \frac{\sqrt{1 - e_i^2}}{n_i a_i^2 e_i} \frac{\partial \tilde{W}_i}{\partial \omega}, \quad (3.16)$$

$$\frac{di}{dt} = \frac{\text{ctg} i_i}{n_i a_i^2 \sqrt{1 - e^2}} \frac{\partial \tilde{W}_i}{\partial \omega} - \frac{\text{cosec} i_i}{na^2 \sqrt{1 - e^2}} \frac{\partial \tilde{W}_i}{\partial \Omega_i}, \quad (3.17)$$

$$\dot{\Omega}_i = \frac{\text{cosec} i_i}{n_i a_i^2 \sqrt{1 - e_i^2}} \frac{\partial \tilde{W}_i}{\partial i_i}, \quad (3.18)$$

$$\dot{\omega}_i = \frac{\sqrt{1-e_i^2}}{n_i a_i^2 e_i} \frac{\partial \tilde{W}_i}{\partial e_i} - \frac{\operatorname{ctg} i_i}{n_i a_i^2 \sqrt{1-e_i^2}} \frac{\partial \tilde{W}_i}{\partial i_i}, \quad (3.19)$$

$$\dot{M}_i = \left(\frac{m_i}{m_{i0} \gamma_i^3} \right)^{1/2} n_i - \frac{2}{n_i a_i} \frac{\partial \tilde{W}_i}{\partial a_i} - \frac{1-e_i^2}{n_i a_i^2 e_i} \frac{\partial \tilde{W}_i}{\partial e_i}, \quad (3.20)$$

$$\tilde{W}_i = - \left(\frac{m_{i0}}{m_i \gamma_i} \right)^{1/2} W_i(t_i, a_i, e_i, \omega_i, i_i, \Omega_i, M_i). \quad (3.21)$$

Для описания возмущенного движения, иногда удобно следующая система оскулирующих элементов

$$a_i, e_i, i_i, \Omega_i, \pi_i, \varepsilon_i, \quad (3.22)$$

$$\pi_i = \beta_{i2} + \beta_{i3}, \quad (3.23)$$

$$\varepsilon_i = \beta_{i2} + \beta_{i3} + \frac{(-2\alpha_{i1})^{3/2}}{\mu_{i0}} [\beta_{i1} + \varphi_i(t_{i0})]. \quad (3.24)$$

Соответственно, система дифференциальных уравнений оскулирующих элементов в форме уравнения Лагранжа имеет вид

$$\dot{a}_i = \frac{2}{n_i a_i} \frac{\partial \tilde{W}}{\partial \varepsilon_i}, \quad (3.25)$$

$$\dot{e}_i = \frac{\sqrt{1-e_i^2}}{n_i a_i^2 e_i} \frac{\partial \tilde{W}_i}{\partial \pi_i} - \frac{e_i \sqrt{1-e_i^2}}{1 + \sqrt{1-e_i^2}} \frac{1}{n_i a_i^2} \frac{\partial \tilde{W}_i}{\partial \varepsilon_i}, \quad (3.26)$$

$$\frac{di}{dt} = - \frac{\operatorname{cosec} i_i}{n_i a_i^2 \sqrt{1-e_i^2}} \frac{\partial W_i}{\partial \Omega_i} - \frac{\operatorname{tg}(i/2)}{n_i a_i^2 \sqrt{1-e_i^2}} \left(\frac{\partial \tilde{W}_i}{\partial \pi_i} + \frac{\partial \tilde{W}_i}{\partial \varepsilon_i} \right), \quad (3.27)$$

$$\dot{\Omega}_i = \frac{\operatorname{cosec} i_i}{n_i a_i^2 \sqrt{1-e_i^2}} \frac{\partial \tilde{W}_i}{\partial i_i}, \quad (3.28)$$

$$\dot{\pi}_i = \frac{\operatorname{tg}(i/2)}{n_i a_i^2 \sqrt{1-e_i^2}} \frac{\partial \tilde{W}_i}{\partial i_i} + \frac{\sqrt{1-e_i^2}}{n_i a_i^2 e_i} \frac{\partial \tilde{W}_i}{\partial e_i}, \quad (3.29)$$

$$\dot{\varepsilon}_i = - \frac{2}{n_i a_i} \frac{\partial \tilde{W}_i}{\partial a_i} + \frac{\operatorname{tg}(i/2)}{n_i a_i^2 \sqrt{1-e_i^2}} \frac{\partial \tilde{W}_i}{\partial i_i} + \frac{e_i \sqrt{1-e_i^2}}{1 + \sqrt{1-e_i^2}} \frac{1}{n_i a_i^2} \frac{\partial \tilde{W}_i}{\partial e_i}, \quad (3.30)$$

$$\tilde{W}_i = - \left(\frac{m_{i0}}{m_i \gamma_i} \right)^{1/2} W_i(t_i, a_i, e_i, \pi_i, i_i, \Omega_i, \varepsilon_i). \quad (3.31)$$

Для получения явного вида уравнений в оскулирующих элементах необходимо выразить возмущающие функции через оскулирующие элементы, что представляет собой громоздкую и трудоемкую работу. Такая работа, на сегодняшний день, как правило, выполняется методами компьютерной алгебры. В дальнейшем мы будем использовать широко известный пакет компьютерной алгебры «Mathematica» [7].

4. Заключение

В работе получены различные формы дифференциальных уравнения движения для нестационарных экзопланетных систем, содержащие две планеты. Выделена возмущающая функция, приведены уравнения возмущенного движения в форме уравнений Лагранжа. В дальнейшем планируется получение разложения возмущающей функции через элементы с использованием системы аналитических вычислений «Mathematica». Полученные уравнения будут использованы для исследования динамической эволюции экзопланетных систем, в случае, когда происходят неизотропные изменения масс родительской звезды и планет. При этом, будут учтены эффекты убывания массы родительской звезды и роста масс планет из-за аккреции вещества из остатков протопланетного диска.

Список использованной литературы:

1. Veras D., Hadjidemetriou J.D., Tout C.A. An Exoplanet's Response to Anisotropic Stellar Mass-Loss During Birth and Death.- *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 2013. - URL: <http://ads.nao.ac.jp/abs/2013MNRAS.435.2416V>
2. Omarov T.B. (Editor) *Non-Stationary Dynamical Problems in Astronomy*. - New-York: Nova Science Publ. Inc., 2002. - P.260. - URL: <https://scholar.google.com/scholar?hl=ru&q=Omarov+T.B.&btnG>
3. Минглибаев М.Дж. Динамика гравитирующих тел с переменными массами и размерами. Поступательное и поступательно-вращательное движение. LAPLAMBERT Academic Publishing, Германия, 2012, - С.229.
4. Лукьянова Л.Г. Динамическая эволюция орбит звезд в тесных двойных системах с консервативным обменом масс // *Астрон.журн.* - 2008. - Т.85, №8. - С.755-768. - URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=11031742>
5. Черепашук А.М. Тесные двойные звезды. Часть II.-М.: Физматлит, 2013.- С.572.
6. Сурдин В.Г. Рождение звезд. - М.:Эдиториал УРСС, 1999. - С.232
7. Prokopenya A.N. Reshenie fizicheskikh zadach s ispolzovaniem sistemy Mathematica, BSTU Pubishing, Brest, 2005, - P.260.
8. <http://spacetimes.ru/exoplanets>
9. <http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu>
10. <http://exoplanet.eu>
11. Лукьянов Л.Г., Ширмин Г.И. Лекции по небесной механике, 2009. Алматы.
12. Терещенко В.М. Экзопланеты: параметры и проблемы // *Вестник Казахский Национальный Педагогический Университет им. Абая. Сер. Физ.-Матем.* 2004. №3 (11). - С.86-98.
13. Ellis K.M., and Murray C.D., (2000) The disturbing function in Solar System Dynamics. *Icarus*, 147, -P.129.
14. Мюррей К., Дермотт С. Динамика Солнечной системы. Перевод с англ.под.ред. И.И. Шевченко. - М.: Физматлит, 2010, - С.588.
15. Брауэр Д., Клеменс Дж. Методы небесной механики. Перевод с англ. под ред. Г.А. Чеботарева. - М.: Мир, 1964. - С.506.

ӘОЖ 539.3
МРНТИ30.19

А.Н. Мырзашева¹, Н.К. Шаждекеева²

¹тех.г.к., Х.Досмұхамедов атындағы Атырау мемлекеттік университетінің доценті,
Атырау қ., Қазақстан

²ф.-м..г.к., Х.Досмұхамедов атындағы Атырау мемлекеттік университетінің доценті,
Атырау қ., Қазақстан

ТҰРАҚТЫ ТЕМПЕРАТУРА ӘСЕРІНДЕГІ СТЕРЖЕНЬНІҢ ҰЗЫНДЫҒЫНЫҢ ӨЗГЕРУІНІҢ ЖЫЛУ АЛМАСУ КОЭФФИЦИЕНТІНЕ ТӘУЕЛДІЛІГІН САНДЫҚ ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа

Мақалада инженерлік, физикалық және математикалық есептерді сандық зерттеулерде қолданылатын шекті элементтер әдісі көмегімен жылу алмасу, жылу изоляция, осьтік күш және тұрақты температура әсерінде тұрған стерженьнің өн бойындағы жылу механикалық жағдайлар қарастырылады. Дискретті элементтерге бөлінген стерженьнің әрбір элементі үш түйінді квадраттық шекті элемент ретінде алынып, әрбір элемент үшін толық жылу энергиясын сипаттайтын функционалдық өрнек жазылады. Функционалдық өрнек T_i температураның түйіндік мәндері бойынша минималданып, қойылып отырған есептің математикалық моделі құрылады. Алынған модель бойынша үш түйінді квадраттық шекті элементтің форма (пішін) функциялары көмегімен стержень бойындағы температура мен стержень материалының жылу алмасу коэффициентінің таралу заңдары анықталады. Алынған нәтижелер мен берілген шекаралық шарттар есепке алына отырып, стержень ұзындығының ұзару шамасының h_0 - жылу алмасу коэффициентіне тәуелділігі сандық тұрғыдан зерттеледі. Стержень материалы ретінде жылу ұлғаю коэффициенті стерженьдік элементтің ұзындығы бойынша таралатын температура өрісіне тәуелді болатын АНВ-300 құймасы алынады.

Түйін сөздер: АНВ-300, шекті элементтер әдісі, температура, жылу изоляциясы, жылу алмасу, осьтік күші, дискретті модель, толық жылу энергиясын сипаттайтын функционал, математикалық модель.

Аннотация

А.Н. Мырзашева¹, Н.К. Шаждекеева²

¹к.тех.н., доцент Атырауского государственного университета им. Х.Досмухамедова, г. Атырау, Казахстан

²к.ф.-м.н., доцент Атырауского государственного университета им. Х.Досмухамедова, г. Атырау, Казахстан

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ДЛИНЫ СТЕРЖНЯ ОТ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООБМЕНА

В статье с помощью метода конечных элементов, который применяется при численном исследовании инженерных, физических и математических задач, рассматриваются термомеханические состояния по длине стержня при наличии теплоизоляции, теплообмена, осевой силы и постоянной температуры. Каждый дискретный элемент рассматривается как квадратичный конечный элемент с тремя узлами и для каждого элемента составляются выражения функционала, характеризующую полную тепловую энергию. Минимизируя выражение функционала, по узловым значениям температуры T_i построится математическая модель поставленной задачи. Применяя математическую модель с помощью функции формы квадратичного конечного элемента, определяются законы распределения температуры и коэффициента теплового расширения материала стержня по его длине. По полученным результатам с учетом соответствующих граничных условий численно исследуется зависимость величины удлинения стержня от h_0 - коэффициента теплового расширения материала стержня. Стержень изготавливается из сплава АНВ-300, коэффициент теплового расширения этого сплава строго зависит от поля распределения температуры по длине рассматриваемого стержня.

Ключевые слова: метод конечных элементов, температура, теплоизоляция, теплообмен, осевая сила, дискретная модель, функционал, характеризующий полную тепло энергию, математическая модель.

Abstract

Myrzasheva A.N.¹, Shazhdenova N.K.¹

¹Cand. Sci. (Engineering), Associate Profssor, Kh.Dosmukhamedov Atyrau State University, Atyrau, Kazakhstan

²Cand. Sci. (Phys.-Math), Associate Profssor, Kh.Dosmukhamedov Atyrau State University, Atyrau, Kazakhstan

NUMERICAL STUDY OF DEPENDING ON THE LENGTH OF THE ROD CHANGES OF THE HEAT TRANSFER COEFFICIENT

The article assisted by the finite element method, which is used in numerical studies of engineering, physical and mathematical problems, considers thermomechanical state along the length of the rod in the presence of thermal insulation, heat transfer, axial force and constant temperature. Each discrete element is treated as quadratic finite element with three nodes and for each element is set up a functional expression that characterizes the complete thermal energy. Minimizing the functional expression, on nodal values of the T_i temperature will be built a mathematical model of the problem. Applying a mathematical model using the shape function of quadratic finite element, determined the temperature distribution laws and the coefficient of thermal expansion of the rod material along its length. According to the obtained results considering the relevant boundary conditions, numerically investigate the dependence of the rod elongation from h_0 - the coefficient of thermal expansion of the material of the rod. The rod is made from alloy АНВ-300; the coefficient of thermal expansion of this alloy strongly depends on the field of temperature distribution along the length of the considered rod.

Keywords: Finite element method; continuous quantity; discrete model; functional, characterized by a complete thermal energy; shape function, field of temperature distribution, coefficient of thermal expansion, mathematical model.

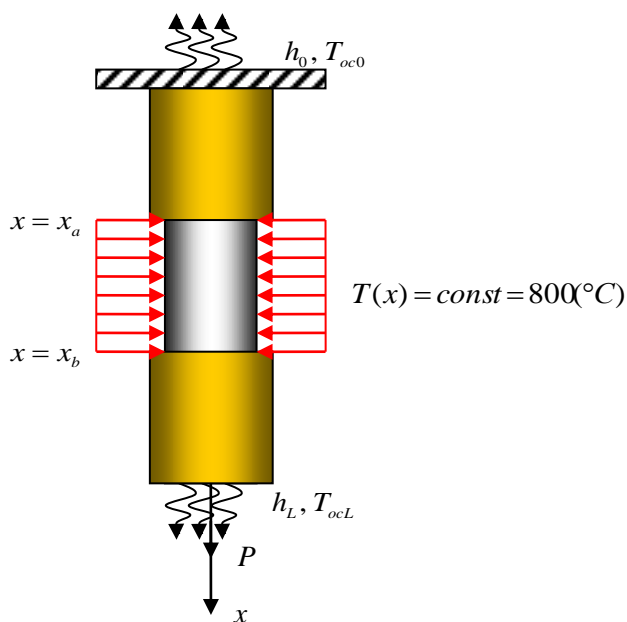
Әртүрлі мақсаттарда қолданылатын күрделі технологиялық құрылғылардың, жану двигательдерінің, ракеталардың негізгі стерженьдік элементтері жоғары температура өрісінде жұмыс істейді. Сол себепті стерженьдік элементтер көбіне жоғары шамадағы қызу өрісіне төзімді, балқымайтын құймалардан дайындалады. Бұл құймалардың мысалы ретінде ЭИ-698А, ЭИ-257Н, ЭИ-467, ЭИ-300, ЭИ-698Н, ЭИ-750, ЭИ-347, ВЛ7-45, АНВ-300, ВЖ36-Л2Н т.б. түрлерін атауға болады. Көпшілік жағдайда күрделі технологиялық құрылғылардың дұрыс және ұзақ мерзім жұмыс жасауы үшін олардың негізгі стерженьдік элементтерінің материалы ретінде осы құймалардың ішінен АНВ-300 құймасы алынады. Құйма құрамының негізгі бөлігін никель құрайды, одан соң хром, вольфрам, алюминийден және аз мөлшердегі титан қоспасынан тұрады. 1120°C температурадан жоғарыда кемеліне келіп, ауада 10 сағаттан соң салқындайды. Сонымен қатар, бұл қоспа жоғары температура кезіндегі кернеу әсерінен болатын пластикалық деформацияға шыдай алатындай қасиетімен және материалының жылу ұлғаю коэффициентінің берілген ұзындықтағы стерженьдік элементтің ұзындығы бойынша таралатын температура өрісіне тәуелді болатындығымен ерекшеленеді. Ендеше, жоғары температура өрісінде жұмыс істейтін стерженьдік элементтің жылу механикалық жағдайын зерттеу маңызды ғылыми жұмыстардың бірі болып табылады.

АНВ-300 құймасынан жасалған вертикальстержень берілсін. Стержень ұзындығы L , (см), жоғарғы

жағы мықты бекітілген. Стерженьнің көлденең қимасының ауданы тұрақты $S, (см^2)$, төменгі жағына осьтік $P, (кГ)$ күші түсірілген P осьтік күш сығатын да, созатын да күш бола алады. Стержень материалының жылу өткізгіштік коэффициенті $K_{xx}, (Вт/(см \cdot ^\circ C))$, жылу ұлғаю коэффициенті $\alpha(T), (1/^\circ C)$ болсын. Стерженьнің $(x_a \leq x \leq x_b)$ аралығына $T(x) = const = 800(^\circ C)$ температура берілген, ал басқа $(0 \leq x \leq x_a)$ және $(x_b \leq x \leq L)$ аралықтарының бүйір беттері жылу изоляцияланған (1 сурет). Стерженьнің жоғарғы және төменгі шеттерінің көлденең қимасының аудандары арқылы осы аудандарды қоршаған ортамен жылу алмасу процесі жүреді. Стерженьнің жоғарғы шетінің көлденең қимасының ауданы үшін жылу алмасу коэффициенті мен қоршаған орта температурасын сәйкесінше h_0 және T_{oc0} деп белгілейміз. Аналогиялық түрде төменгі шетінің көлденең қимасы үшін h_L және T_{ocL} болсын. Суретте келтірілгендей температура, жылу изоляциясы, жылу алмасу және осьтік күші берілген жағдайдағы АНВ-300 құймасынан жасалған стерженьнің бойындағы температура таралу өрісін анықтап, P созылу күші мен жылудың әсерінен стерженьнің ұзаруын h_0 -жылу алмасу коэффициентінің әртүрлі мәндеріне $(h_0 = 7,5; 10; 15; 30 (Вт/(см^2 \cdot ^\circ C)))$ сәйкес табу керек.

Есептеу жүргізуге қажетті шамалардың мәндерін мынадай ретте тағайындап алайық.

Ұзындығы $L = 30(см)$ стержень берілсін. Стерженьнің көлденең қимасы радиусы $r = 1(см)$ болатын дөңгелек; стержень материалының жылу өткізгіштік коэффициенті $K_{xx} = 100(Вт/(см \cdot ^\circ C))$; осьтік созылу күшінің шамасы $P = 1000(кГ)$; $x_a = (L/3) = 10(см)$; $x_b = (2L/3) = 20(см)$; стерженьнің берілген $x_a \leq x \leq x_b$ аралығындағы температура шамасы $T(x) = const = 800(^\circ C)$; $h_L = 10(Вт/(см^2 \cdot ^\circ C))$; жоғарыдағы бекітілген шеті мен төменгі шетінің көлденең қимасының аудандарын қоршаған орта температуралары $T_{oc0} = T_{ocL} = 40(^\circ C)$ (1 сурет) болсын.



Сурет 1. Қарастырылып отырған есептің үлгісі

Бұл үшін алдымен қарастырылып отырған стерженьді бірдей ұзындықтағы n элементке бөлеміз. Әрбір элементті үш түйінді квадраттық шекті элемент ретінде қарастырамыз, сонда барлық түйіндер саны $TC = 2n + 1$ болады. Бұдан әрі әрбір элемент үшін берілген шекаралық шарттарды ескере отырып, толық жылу энергиясын сипаттайтын функционалдық өрнегін жазамыз.

Мысалы, бірінші элемент үшін сәйкесті функционалдық өрнегі:

$$J_1 = \int_{V^{(1)}} \frac{K_{xx}}{2} \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 dV + \int_{S_0} \frac{h_0}{2} (T - T_{oc0})^2 dS, \quad (1)$$

болады, мұндағы $V^{(1)}$ - бірінші элементтің көлемі; S_0 - стерженьнің бекітілген жоғарғы жағының көлденең қимасының ауданы.

Стерженьнің қалған ($\ell \leq x \leq x_a$) және ($(x_a + \ell) \leq x \leq L$) аралықтарындағы элементтер үшін сәйкесті функционалдық өрнегі мына түрде болады:

$$J_i = \int_{V^{(i)}} \frac{K_{xx}}{2} \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 dV, \quad (2)$$

мұндағы $i = \left(2 \div \frac{x_a}{\ell} \right)$ және $i = \left(\frac{x_b}{\ell} + 1 \right) \div (n - 1)$; n - стерженьдегі дискретті квадраттық

элементтердің саны; $\ell = \frac{L}{n}$ - әрбір квадраттық элементтің ұзындығы; $V^{(i)}$ - i -ші квадраттық элементтің көлемі.

Ең соңғы n -ші квадраттық элементке сәйкес келетін функционалдық өрнегі мынадай болады

$$J_n = \int_{V^{(n)}} \frac{K_{xx}}{2} \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 dV + \int_{S_L} \frac{h_L}{2} (T - T_{ocL})^2 dS, \quad (3)$$

мұндағы $V^{(n)}$ - ең соңғы (n -ші) квадраттық элементтің көлемі.

Стерженьнің ($x_a \leq x \leq x_b$) аралығына температура таралу өрісі берілгендіктен, бұл бөлігі үшін сәйкес функционалдық өрнекті жазудың қажеті жоқ.

Функционалдар қосындысын $J = \sum_{i=1}^{100} J_i + \sum_{i=201}^{300} J_i$ әзірге белгісіз T_i температураның түйіндік мәндері

бойынша минималдап, сызықтық алгебралық теңдеулер жүйесін аламыз. Бұл алынған жүйе қарастырылып отырған есептің математикалық моделі болып табылады:

$$\frac{\partial J}{\partial T_i} = 0; \quad i = 1 \div 201 \quad \text{и} \quad i = 401 \div 601. \quad (4)$$

Алынған теңдеулер жүйесін шешкенде температураның түйіндік мәндері табылады, температураның бұл мәндерін пайдаланып, стержень бойындағы температура таралу өрісінің мынадай формуласы бойынша стержень бойындағы температураның таралу заңы анықталады:

$$T(x) = \varphi_i(x) \cdot T_i + \varphi_j(x) \cdot T_j + \varphi_k(x) \cdot T_k, \quad 0 \leq x \leq \ell, \quad (5)$$

мұндағы,

$$\varphi_i(x) = \frac{\ell^2 - 3\ell x + 2x^2}{\ell^2}; \quad \varphi_j(x) = \frac{4(\ell x - x^2)}{\ell^2}; \quad \varphi_k(x) = \frac{2x^2 - \ell x}{\ell^2}, \quad 0 \leq x \leq \ell. \quad (6)$$

Бұл функциялар үш түйінді квадраттық шекті элементтің форма (пішін) функциялары деп аталады [1].

[2] әдебиетте қызуға төзімді, қиын балқитын құймалар үшін жылу ұлғаю коэффициентінің температураға тәуелділігін анықтау мақсатындағы нақты эксперименттің (тәжірибенің) нәтижелері графиктер түрінде келтірілген. Жоғарыда бұл тәуелділік нәтижелерінің, соның ішінде АНВ-300 құймасы үшін де, кесте түрінде жазылуы келтірілген (кесте 1).

Кесте 1. АНВ-300 құймасы үшін h_0 коэффициенті мен температура арасындағы тәуелділік

$T, (^{\circ}C)$	20	100	200	300	400	500	600	700	800
$\alpha = \times 10^{-6} (1/^{\circ}C)$	10,1	11,9	13,2	14,7	17	18,3	20,3	22	23,2

[3] әдебиеттегі нақты тәжірибе нәтижесінде $\alpha(T(x))$ температура таралу аралықтарында $T \in [20(^{\circ}C); 100(^{\circ}C)]$; $T \in [100(^{\circ}C); 200(^{\circ}C)]$; $T \in [200(^{\circ}C); 300(^{\circ}C)]$; $T \in [300(^{\circ}C); 400(^{\circ}C)]$; $T \in [400(^{\circ}C); 500(^{\circ}C)]$; $T \in [500(^{\circ}C); 600(^{\circ}C)]$; $T \in [600(^{\circ}C); 700(^{\circ}C)]$; $T \in [700(^{\circ}C); 800(^{\circ}C)]$ сызықтық тәуелділікпен өзгертіндігі көрініп тұр. Сондықтан бұл тәуелділікті математикалық түрде былай жазуға болады [1, 2, 3]:

$$\left. \begin{aligned} 1) \alpha &= 0,0225 \cdot 10^{-6} \cdot T + 9,65 \cdot 10^{-6} (1/^{\circ}C), \quad 20 \leq T \leq 100(^{\circ}C) \text{ болғанда;} \\ 2) \alpha &= 0,013 \cdot 10^{-6} \cdot T + 10,6 \cdot 10^{-6} (1/^{\circ}C), \quad 100 \leq T \leq 200(^{\circ}C) \text{ болғанда;} \\ 3) \alpha &= 0,015 \cdot 10^{-6} \cdot T + 10,2 \cdot 10^{-6} (1/^{\circ}C), \quad 200 \leq T \leq 300(^{\circ}C) \text{ болғанда;} \\ 4) \alpha &= 0,023 \cdot 10^{-6} \cdot T + 7,8 \cdot 10^{-6} (1/^{\circ}C), \quad 300 \leq T \leq 400(^{\circ}C) \text{ болғанда;} \\ 5) \alpha &= 0,013 \cdot 10^{-6} \cdot T + 11,8 \cdot 10^{-6} (1/^{\circ}C), \quad 400 \leq T \leq 500(^{\circ}C) \text{ болғанда;} \\ 6) \alpha &= 0,02 \cdot 10^{-6} \cdot T + 8,3 \cdot 10^{-6} (1/^{\circ}C), \quad 500 \leq T \leq 600(^{\circ}C) \text{ болғанда;} \\ 7) \alpha &= 0,017 \cdot 10^{-6} \cdot T + 10,1 \cdot 10^{-6} (1/^{\circ}C), \quad 600 \leq T \leq 700(^{\circ}C) \text{ болғанда;} \\ 8) \alpha &= 0,012 \cdot 10^{-6} \cdot T + 13,6 \cdot 10^{-6} (1/^{\circ}C), \quad 700 \leq T \leq 800(^{\circ}C) \text{ болғанда;} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

1 кестені және (7) жүйені, сонымен қатар табылған температураның түйіндік мәндерін пайдалана отырып, жылу ұлғаю коэффициентінің сәйкес түйіндік мәндері, ол мәндер арқылы (5) формулаға аналогиялық түрде анықталатын (8) формула бойынша осы коэффициенттің таралу заңы анықталады:

$$\alpha(T(x)) = \varphi_i(x) \cdot \alpha_i + \varphi_j(x) \cdot \alpha_j + \varphi_k(x) \cdot \alpha_k, \quad x \in (x_i \leq x \leq x_k). \quad (8)$$

Алдымен $h_0 = 7,5(Bm / (cm^2 \cdot ^{\circ}C))$ болатын жағдай қарастырылсын, h_0 -дің бұл мәніндегі температураның түйіндік мәндері 2 кестеде, ал 3 кестеде жылу ұлғаю коэффициентінің сәйкес мәндері келтірілген.

2-кестесінің соңында стерженьнің жылу ұлғаю коэффициентінің температура таралу өрісіне тәуелділігі есепке алынған жағдайдағы ұзаруының есептелген мәні, сонымен қатар, стерженьнің төменгі бос шетіне қойылған $P = 1000(kT)$ шамасындағы осьтік созылу күшінің әсерінен ұзару мәні, жалпы ұзару мәні келтірілген. Осы кестеден стерженьнің төменгі шетіндегі температура мәні $T_{601} = 420(^{\circ}C)$, ал осы кезде жоғарғы шетінде $T_1 = 474,28(^{\circ}C)$ болатындығы белгілі. Температура мәндеріндегі бұл айырмашылық стерженьнің төменгі бөлігінің көлденең қимасы арқылы сыртқы ортамен жылу алмасу коэффициентінің $h_L = 10(Bm / (cm^2 \cdot ^{\circ}C))$, ал жоғарғы бөлігінде бұл коэффициент мәні $h_0 = 7,5(Bm / (cm^2 \cdot ^{\circ}C))$ болатындығымен түсіндіруге болады. Осыған байланысты, стерженьнің төменгі шетіндегі жылудың жоғалуы оның жоғарғы шетінің көлденең қимасында болатын аналогиялық жағдаймен салыстырғанда көп болады. Егер $T_L = 420(^{\circ}C)$ температура мәні 100% деп алынса, онда жылу алмасу коэффициентінің 25% -ға азаюы әсерінен температура мәнінің 13%-ға дейін көбеюі байқалады. Сондықтан, $T_1 = 474,28(^{\circ}C)$ мәні T_L -дан 13% -ға үлкен.

Кесте 2. $T(x) = 800(^{\circ}C)$; $h_0 = 7,5(Bm / (cm^2 \cdot ^{\circ}C))$ болғанда температураның түйіндік мәндері

Түй. нүкт.	$T(^{\circ}C)$	Түй. нүкт.	$T(^{\circ}C)$	Түй. нүкт.	$T(^{\circ}C)$	Түй. нүкт.	$T(^{\circ}C)$	Түй. нүкт.	$T(^{\circ}C)$	Түй. нүкт.	$T(^{\circ}C)$
1	474,2857143	101	637,1428571	201	800,0	301	800,0	401	800,0	501	610,0
2	475,9142857	102	638,7714286	202	800,0	302	800,0	402	798,1	502	608,1
...		
99	633,8857143	199	796,7428571	299	800,0	399	800,0	499	613,8	599	423,8
100	635,5142857	200	798,3714286	300	800,0	400	800,0	500	611,9	600	421,9
										601	420,0

Стерженьнің температураның әсерінен ұзаруы $\Delta l_T = 0,4455939161(\text{см})$.

Стерженьнің күштің әсерінен ұзаруы $\Delta l_P = 0,0047746483(\text{см})$.

Жалпы ұзаруы $\Delta l = 0,4503685644(\text{см})$.

Кесте 3. $T(x) = 800(^{\circ}\text{C})$, $h_0 = 7,5(\text{Вт}/(\text{см}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}))$ болғанда h_0 коэффициентінің мәндері

Түй. нүкт.	$\alpha [1/^{\circ}\text{C}]$	Түй. нүкт.	$\alpha [1/^{\circ}\text{C}]$	Түй. нүкт.	$\alpha [1/^{\circ}\text{C}]$	Түй. нүкт.	$\alpha [1/^{\circ}\text{C}]$	Түй. нүкт.	$\alpha [1/^{\circ}\text{C}]$	Түй. нүкт.	$\alpha [1/^{\circ}\text{C}]$
1	0,00001796	101	0,00002093	201	0,00002320	301	0,00002320	401	0,00002320	501	0,00002047
2	0,00001798	102	0,00002096	202	0,00002320	302	0,00002320	402	0,00002318	502	0,00002044
...		
99	0,00002087	199	0,00002316	299	0,00002320	399	0,00002320	499	0,00002053	599	0,00001731
100	0,00001815	200	0,00002318	300	0,00002320	400	0,00002320	500	0,00002050	600	0,00001728
										601	0,00001726

Сонымен қатар, 2-кесте соңында жылу ұлғаю коэффициентінің температураға тәуелділігі ескерілгенде стерженьнің жылу әсерінен ұзаруы $\Delta l_T = 0,4455939161(\text{см})$ болады. Гук заңы бойынша, берілген стерженьді осындай шамаға ұзарту үшін оны $P = 93277(\text{кГ})$ күшпен созу керек болар еді. Бұл нәтижеден жылу көздерінің қаншалықтыәсерлі екендігін байқауға болады. Сонымен қатар, осы кестеден $P = 1000(\text{кГ})$ осьтік созылу күші әсерінен стерженьнің ұзаруының $\Delta l_P = \frac{PL}{EF} = 0,00477(\text{см})$ ғана болатындығы көрініп тұр.

Қарастырылып отырған жағдай үшін Δl_T мен Δl_P ұзару шамаларын салыстыра отырып, Δl_T шамасының Δl_P мәнінен $N = \frac{\Delta l_T}{\Delta l_P} = 93,3$ есе артық болатынын анықтауға болады. Мұнда егер

$\alpha = \text{const} = 10,1 \cdot 10^{-6}(1/^{\circ}\text{C})$ деп алынса, онда стерженьнің жылу ұлғаю әсерінен ұзаруы $\Delta l_T = 0,20676(\text{см})$ болар еді, яғни жылу ұлғаю коэффициентінің температураға тәуелділігі ескерілген жағдайдағы ұзару шамасынан 2,2 есе аз.

Осылайша жылуұлғаю коэффициентінің $h_0 = 10; 15; 30(\text{Вт}/(\text{см}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}))$ мәндеріне сәйкес есептеулерді жалғастыра отырып, нәтижесінде h_0 -дің әртүрлі мәндеріне сәйкес стержень ұзаруының төмендегідей 4-салыстырмалы кестесін құрастыруға болады.

Кесте 4. $h_0(\text{Вт}/(\text{см}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}))$ мен Δl арасындағы байланыстың салыстырмалы кестесі

h_0	$T(x=0)$ ($^{\circ}\text{C}$)	$T(x=L)$ ($^{\circ}\text{C}$)	$\alpha = \alpha(T(x))$ болғандағы $\Delta l_T(\text{см})$	$\alpha = \text{const}$ болғандағы $\frac{\Delta l_T}{\alpha}(\text{см})$	$\frac{\Delta l_T}{\Delta l_P}$ (есе)	$\Delta l_P(\text{см})$	$N = \frac{\Delta l_T}{\Delta l_P}$ (есе)	Эквивалентті «созушы» күш шамасы (кГ)
7,5	474,2857	420	0,4455939161	0,2067614286	2,155	0,0047746483	93,289	93289
10	420	420	0,4377153895	0,20402	2,145	0,0047746483	91,675	91675
15	344	420	0,4272658221	0,200182	2,134	0,0047746483	89,486	89486
30	230	420	0,4125473247	0,194425	2,122	0,0047746483	86,4	86400

Бұл кестеден жылу алмасу коэффициентінің мәні артқанда қарастырылып отырған стерженьнің температура әсерінен ұзару шамасы кемитіндігі көрінеді. Бірақ қарастырылған барлық төрт жағдайда да жылу ұлғаю коэффициенті мен температура арасындағы табиғи тәуелділік ескерілген жағдайдағы стержень ұзаруының шамасы бұл тәуелділік есепке алынбаған кездегі ұзарудан 2, 1 есе артық болады.

Кестеден стерженьнің жоғарғы бекітілген бөлігіндегі температура мәні осы бөліктегі стерженьнің көлденең қимасы ауданы мен оны қоршаған орта арасындағы жылу алмасу коэффициентінің мәніне тікелей байланысты екендігі анықбайқалады.

h_0 жылу алмасу коэффициенті мәнінің артуына байланысты стерженьнің осы шетіндегі температура мәнінің төмендегені байқалады. Егер h_0 -дің мәні 2 есе, яғни 7,5-тен $15(Bm / (cm^2 \cdot ^\circ C))$ -ке дейін арттырылса, онда стерженьнің бұл шетіндегі температура 1,38 есе төмендейді (азаяды). Ал, h_0 -дің мәні 4 есе, яғни 7,5-тен $30(Bm / (cm^2 \cdot ^\circ C))$ -ға дейін көбейсе, онда стерженьнің жылу алмасу жүріп жатқан жоғарғы бөлігінде температура мәні 2,062 есе төмендейді.

Бұл процесс жылу алмасу коэффициенті h -тың үлкен мәндерінде стерженьнен оның жылу алмасу процесі жүріп жатқан шетінің көлденең қимасы ауданын қоршаған ортаға жылу мөлшері көп бөлінетіндігіне байланысты деп тұжырымдауға болады. Осы кезде стерженьнің жылу ұлғаю әсерінен ұзару шамасы 1,08 есе азаяды [4, 5].

Жүргізілген зерттеулер мен келтірілген есептеулер жылу көздері әсерінен жұмыс істейтін құрылғылардың қызуға төзімді құймалардан жасалған элементтерінің ұзару мәнін есептеу барысында құйма материалының жылу ұлғаю коэффициенті мен температураның таралу өрісі арасындағы табиғи тәуелділігі міндетті түрде ескерілуі қажет екендігін көрсетеді.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. Химушин Ф.Ф. *Жаропрочные стали и сплавы. 2-ое переработанное и дополненное издания.* - М.: *Металлургия*, 1969. – 749с.
2. Зенкевич О. *Метод конечных элементов в технике.* – М.: *Мир*, 1975. – 541с.
3. Сегерлинд Л. *Применение метода конечных элементов.* – М.: *Мир*, 1979. -392с.
4. Кудайкулов А.К. *Математическое (конечно-элементное) моделирование прикладных задач распространения тепла в одномерных конструктивных элементах.* – Туркестан.: *Байтерек*, 2009. – 168 с.
5. Мырзашева А.Н., Шаждекеева Н.К. «Численное исследование зависимости удлинения стержня от температуры окружающей среды T_{oc0} , при наличии температуры,меняющейся линейным законом» - *Science and world. International scientific journal*, №8 (24), 2015, Vol. I Impact factor of the journal « Science and world» - 0,325 (Global Impact Factor 2013, Australia)(Global Impact Factor 2013, Австралия).

ӘОЖ 378:53

МРНТИ 14.35.07

Ө. Парманбеков¹, Н.С. Алимбекова²

¹Ф-м.ғ.к., Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университетінің доценті, Алматы қ., Қазақстан

²Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университеті, «Физика» мамандығының магистранты, Алматы қ., Қазақстан

ТЕХНИКАЛЫҚ ЖОО НАНОТЕХНОЛОГИЯ ПӘНІНЕ ҚАТЫСТЫ БӘСЕКЕГЕ ҚАБІЛЕТТІ МАМАНДАР ДАЯРЛАУ

Аңдатпа

Бұл жұмыста бәсекеге қабілетті мамандарды даярлау үшін нанотехнологияның ғылыми-әдістемелік жүйесін түбегейлі зерттеп, әдістерін үйрену. Сонымен бірге, нанотехнологияның қазіргі заман техникасы мен технологиясын жоғары деңгейде қолдана білу болып табылады. Жоғарғы білім беру саласындағы өзекті мәселе бәсекеге қабілетті мамандар даярлаудағы нанотехнологияның маңызын айқындау. Жоғарғы оқу орындарында нанотехнологияның теориялық және практикалық нәтижелерін студенттер, магистранттар және ғылыми қызметкерлер өздерінің ғылыми зерттеу жұмыстарында пайдалана білу жолдарын айқындау. Мамандарды даярлау кезіндегі негізгі жолдар: мемлекеттік қаржыландыру, пәнаралық ынтымақтастықты ынталандыру, мамандар дамытуды ынталандыру, орталықтар құру, нанотехнология инвестициялық дамыту, ғалымдар мен өнеркәсіпшілер арасындағы ынтымақтастықты ұйымдастыру, қазіргі заманғы талаптар деңгейінде зерттеулер жүргізу, синхронды сәулелендіру, нейтрон және талдау жабдықтар үшін электрондардың арқалықтардың жоғары тиімді көздерін дамытуды қолдау үшін қажетті.

Кілт сөздер: нанотехнология пәні, бәсекеге қабілетті маман, мемлекеттің болашағы, наноғылым, техникалық білім, нономатериалдар, нанокұрылғылар.

Аннотация

У. Парманбеков¹, Н.С. Алимбекова²

¹ к.ф.-м.н., доцент, Казахского государственного женского педагогического университета,
г. Алматы, Казахстан

² магистрант специальности «Физика» Казахского государственного женского педагогического университета,
г. Алматы, Казахстан

ПОДГОТОВКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИИ В ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗАХ

В данной работе рассматриваются научно-исследовательские системы нанотехнологии и изучение методов для обучения конкурентоспособного специалиста. А также, возможность использования современной нанотехнологии и высокоуровневой техники. Ключевым вопросом в области высшего образования является определение важности нанотехнологии в подготовки конкурентоспособных специалистов. Студенты, магистранты, научные работники могут использовать в своих научных исследованиях теоретические и практические результаты нанотехнологии. Основные пути решения подготовки специалистов: государственное финансирование, поощрение междисциплинарного сотрудничества, эксперты в области развития, создание нанотехнологических центров, чтобы стимулировать развитие инвестиционного сотрудничества между учеными и промышленниками для проведения исследований на уровне современных требований, синхронного излучения, нейтронных пучков электронов и аналитического оборудования для высокопроизводительных необходимых для поддержки развития источников.

Ключевые слова: Предмет нанотехнологии, развитие конкурентоспособного специалиста, будущее страны, нано-наука, техническое образование, наноматериалы, наноструктуры.

Abstract

Parmanbekov U.¹, Alimbekova N.S.²

¹ Cand. Sci. (Phys.-Math), Associate Professor of Kazakh State Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan

² Student of Master Programme in Physics, Kazakh state teacher training university, Almaty, Kazakhstan

PREPARATION OF COMPETITIVE SPECIALISTS IN THE FIELD OF NANOTECHNOLOGY IN TECHNICAL UNIVERSITIES

In this paper, the research systems of nanotechnology and the study of methods for the training of a competitive specialist are considered. And also, the possibility of using modern nanotechnology and high levels of technology. The key issue in higher education is to determine the importance of nanotechnology in the preparation of competitive professionals. Students, undergraduates, scientists can use the theoretical and practical results of nanotechnology in their scientific research. The main ways of solving the training of specialists: public funding, encouraging interdisciplinary cooperation, development experts, the creation of nanotechnology centers to stimulate the development of investment cooperation between scientists and industrialists for research at the level of modern requirements, synchronous radiation, neutron beams of electrons and analytical equipment for high-performance necessary to support the development of sources.

Keywords: the subject of nanotechnology, the development of a competitive specialist, the country's future, nano-science, technical education, nanomaterials, nanostructures.

Заманауи әлемде қоғамның әл-ауқатының факторы, оның әлемдік нарықтағы бәсекеге қабілеттілігі ретінде білім берудің құндылықтары өсіп келеді, ол барлық деңгейлердегі техникалық білім берудің дамуына бағытталған барабар шаралар қабылдауды талап етеді. ЮНЕСКО ұсынысына сәйкес техникалық білім беру адамды жаңа технологиялар және еңбек нарығы талаптарының негізінде әсерлі және кәсіптік қызметке дайындауға, ойлау қабілеттерін, техникалық және кәсіптік дағдыларын дамыта отырып өмір бойы оқытуға бейімделген [3].

Қазақстан Республикасының Президенті Н.Ә. Назарбаев өзінің «Қазақстан – 2050 Стратегиясында»: «Адамзат үшінші индустриялық революция табалдырығында тұр, ол өндіріс ұғымының өзін өзгертеді. Технологиялық жаңалықтар әлемдік нарықтың құрылымы мен қажеттіліктерін түбегейлі өзгертеді. Біз бұрынғыға карағанда мүлде өзгеше технологиялық болмыста өмір сүріп жатырмыз. Цифрлық және нанотехнология, регенеративтік медицина және басқа да көптеген ғылыми жетістіктер қоршаған ортаны ғана емес, адамның өзін трансформациялап, күнделікті ақиқатқа айналады» - деп атап көрсеткен [1].

Соңғы онжылдық көлемінде еліміздегі жоғары білім беретін оқу орындары ХХІ ғасыр талаптарын орындап, мүмкіндіктерін пайдалана алатын маман даярлау үстінде аянбай еңбек етуде. Бүгінгі күннің өзекті мәселесі де, әртүрлі бағыттағы көптеген келелі мәселелер сияқты, болашақ маманның білімділігі мен шығармашылық қабілеттілігін қалыптастыру және сол арқылы бәсекеге қабілеттілігін қамтамасыз ету болып отыр.

Қазіргі уақыт талабы мұғалімнен әр түрлі әдісті, ізденісті, жаңа идеяларды жан-жақты қолданып, жаңаша оқытудың тиімді жолдарын тауып, оны күнделікті іс-әрекетінде жүйелі түрде қалыптастыруды қажет етеді.

«Қазақстан – 2050 Стратегиясында» «Жоғары оқу орындары білім беру қызметімен шектеліп қалмауы

тиіс. Олар қолданбалы және ғылыми-зерттеушілік бөлімшелерін құруы және дамытуы қажет» - деп көрсетілгендей, техникалық университетінде зерттеу, білім беру және инновациялық қызметті интеграциялаудың жоғары дәрежесі: оқытушылардың білім беру ісі мен зерттеу жұмыстарын қатар алып жүрумен, студенттер, магистранттар мен докторанттарды зерттеу жұмыстарына тартумен, зерттеу нәтижелері мен әзірлемелерді оқу үрдісіне қосумен, білім беру бағдарламаларын шынайы өндіріспен интеграциялаумен, өндіріс мамандарын сабақ беруге тартумен, аутсорсинг бағдарламасы арқылы сыртқы кадрлар ресурсын тартумен, шетелдік үздік мамандарды ашық нарыққа тарту және оларды бізге жұмыс істеуге шақырумен, институт, факультет және кафедра жанынан ғылыми орталықтар, зертханалар құру сияқты арнайы зерттеу құрылымдарын ашумен; зерттеу консорциумдарын, ғылыми-технологиялық кластерді және т.б. құрумен сипатталады.

Бәсекеге қабілетті маман эксперименттік зерттеудің жаңа әдістері мен құралдарын, инфрақұрылымды дамыту жолдары:

– жаңа өлшеу технологиясы нанотехнологиялардың дамуы ғылыми-зерттеу топтарының (жаңа идеялар) өнеркәсіптік ұйымдар (коммерциялық жүзеге асыру) арасындағы тығыз ынтымақтастықта жүзеге асырылуға тиіс. Мемлекеттік қаржыландыру бұл стратегия осы қауымдастықтар арасындағы пәнаралық ынтымақтастықты ынталандыру керек;

– қымбат зерттеу жабдықтардың кейбір түрлерін арнайы, синхротрондық сәуле, әсіресе қуатты көздері үшін, жоғары энергия электрон шұғылалы (электронды микроскопия литография ажыратымдылығы жоғары) жылу нейтронды наноқұрылымды материалдар зерттеу аз мөлшерін қажет етеді. Ол уақытша жұмысқа орналастыру үшін мамандар дамытуды ынталандыру керек.

– қазіргі заманғы сканерлеу зондтар шағын топтарда зерттеулер жүргізу оңай жеткілікті арзан, бірақ білікті өлшеу үшін осындай зондтарын пайдалану арқылы күрделі жабдықтарды жоғары мамандандырылған білімді талап етеді. Сондықтан ол үшінші тарапқа кіре алады, мысалы, жабдықты жұмыс істейтін болады, ол орталықтармен құру қажет

– жабдықтарды туралы ақпарат алу үшін қажеттілігі, үлгі дайындау әдістері, калибрлеу процедуралары, стандарттар және суретті талдау алгоритмдер бар. Интернет арқылы ақпарат тиісті алмасуды ұйымдастыру барлық әлеуетті пайдаланушылардың білімдерін қамтамасыз ете алады.

– төмен бағаланатын ғылыми жабдықтарды дамыту. Кешенді құрылғылар дамыту үшін, осындай іс-шаралар қызығушылығын оятатын тиісті білім базасын құруға және студенттердің оқыту жақсарту қажет. Ол, сиқыршылар нанотехнология дамытуға талантты студенттерді тарту стипендия бірқатар құру пайдалы болар еді

– бұл салада зерттеулер барысы ықпал ететін болады, ол сенімді, дәл, пайдалануға ыңғайлы, арзан жасауға аспаптары пайдаланылады, нанотехнология инвестициялық дамуын арттыру қажет

– нано құралдары жабдықтарды өндіру коммерцияландыруды дамыту үшін ғалымдар мен өнеркәсіпшілер арасындағы ынтымақтастықты ұйымдастыру қажет

– қазіргі заманғы талаптар деңгейінде зерттеулер жүргізу, синхронды сәулелендіру, нейтрон және талдау жабдықтар үшін электрондардың арқалықтардың жоғары тиімді көздерін дамытуды қолдау үшін қажетті [2].

Наноғылым және нанотехнологияны дамыту үшін нанокөлемді өлшеу үшін жоғары сапалы тест және өлшеу құралдарын талап етеді. Қазіргі даму, негізгі басым – наноғылым өнеркәсібі, медицина, азық-түлік өнімдерін өндіру, қоршаған ортаны қорғау, ұлттық қауіпсіздік жетістіктерін көмек енгізу-ақ оларға байланысты наноқұрылымды материалдар кеңінен қолданылатын зерттеулер, жаңа құбылыстар, сенімді, әрі арзан құрылғылардың дамуы қажет.

Егер осы құрылымдар мен қажеттіліктерді дамытса, онда ЖОО-да:

– университет инженерлік білім бойынша ұлттық және халықаралық білім көшбасшысы болады;

– технология және қолданбалы ғылымдар бойынша даярлау бейіні кеңейтіледі; талап етілетін және келешек бағыттарын бір уақытта күшейтіп, ескірген және сұранымсыз ғылыми және білім беру пәндерін жою жүзеге асырылады;

– нәтижеге бағытталған даярлау жүйесі қалыптасады және бейін бойынша жаңа білім стандартына негізделді;

– практикалық дағдыға үйрету және практикалық біліктілікті алу бойынша бағдарламаны енгізумен, оқу жоспарларының бағытталуы мен акценттері өзгертіледі;

– мамандықтар жаңа ұрпақ оқулықтарымен, заманауи ғылыми және оқу-зертхана жабдықтарымен, ақпараттық және есептеу ресурстарымен жабдыкталады;

- техникалық білім алу үшін дарынды жастар/талапкерлер тартылады;
- ауқымды халықаралық ғылыми-зерттеу жобаларына қатысуды жеделдетеді;
- университет ғалымдарының зерттеу нәтижелері жоғары импакт-фактормен журналдарда жарияланатын болады;
- сыни технологиялар бойынша жобаларды іске асыру үшін ғылыми- зерттеу консорциумдары тиімді жұмыс істейтін болады;
- ең жаңа отандық және шетелдік ақпараттық ресурстарға пайдаланушылардың қатынауына мүмкіндік жасалады.
- дарынды студенттерге қолдау көрсету және білім алушылардың әлеуметтік әлсіз бөлігін қорғаудың тиімді және ұтымды жүйесі жұмыс істейтін болады [4].

Мемлекеттің болашағы, үміті мен сенімі – жас ұрпақ тәрбиесіне үлкен жауапкершілікпен қарау, заман талабына лайықты мұғалімнің қызмет етуі қоғам дамуын алға бастайды. Ендеше, еңсені биіктетіп, еліміздің болашағы үшін ұлт мақтанышына айналар ұрпақты жетектеп, ұлы Абай айтқандай: «Ұстаздық еткен жалықпас, үйретуден балаға» деген ой иірімі ұрандарыңызға айналып, адамзат құндылығы-білім екенін көрсету жолында еш аянбаңыздар.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. Қазақстан Республикасында білім беруді дамытудың 2011-2020 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасы
2. Башарулы Р., Баймаханұлы А., Байболова С., Ниязи М.Д. Основы нанотехнологии в системе непрерывного образования. Вестник ҚазНПУ, №1, - 2015, - Алматы, С.105-108.
3. Зиновьев Н.Н., Парманбеков У., Ярошецкий И.Д. Увлечение экситонов в кристаллах CdS при интенсивном оптическом возбуждении. - Письма в ЖЭТФ, 1981,- 33 В.П, - С.601-604.
4. Arakin V.V., Zinovev N.N., Parmanbekov U.and Yaroshetskii I.D. Effect of non-equilibrium acoustic phonons on radioactive recombination in semiconductors. - Solid St. Comm.- Vol, 8,- 11. 733-735, 1985

УДК 621.3

ГРНТИ: 44.29.39

Н.Т. Рустамов¹, Б.К. Мейрбеков²

¹д.т.н., профессор, Международнй казахско-турецкий университет имени А.Яссави, г. Туркестан, Казахстан

²магистрант специальности «Физика» Международного казахско-турецкого университета имени А.Яссави, г. Туркестан, Казахстан

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕТРОУСТАНОВОК

Аннотация

В работе рассматривается возможность повышения эффективности ветроустановок с использованием магнитных лопастей, находящихся внутритокпроводящей сетки. При этом, созданный лопостями ветроустановки магнитный поток, в ограждающей его сетке, производит дополнительный индукционный ток. В свою очередь, третья и четвертая гармоники этого магнитного потока левитируют якорное сопротивление двигателя ветроустановки, т.е. происходит эффект левитации. Тем самым повышается не только эффективность ветроустановки, но вырабатывается дополнительный индукционный ток. Тем самым повышается производительность использования силы самого ветра. Предлагается метод синхронизации индукционного тока и тока получаемого из ветрогенератора с помощью диодного моста. А также, положительной стороной этой работы является эффект левитации, происходящий на магнитном пространстве статора и ротора. Этот эффект до определенного уровня уменьшает якорное сопротивление, что облегчает работу самого ветрогенератора.

Ключевые слова: магнитные лопасти, эффект левитации, ветровая энергетическая установка, токопроводящая сетка, индукционный ток, синхронизация токов, якорное сопротивление.

Аңдатпа

Н.Т. Рустамов¹, Б.К. Мейрбеков²

¹тех.ғ.д., А.Яссауиатындағы Халықаралық қазақ-түрік университетінің профессоры, Түркістан қ., Қазақстан

²А.Яссауиатындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, «Физика» мамандығының магистранты,
Түркістан қ., Қазақстан

ЖЕЛҚҰРЫЛҒЫЛАРЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

Бұл мақалада токөткізгіштік тор ішінде болатын магниттік жүздерді пайдалана отырып, жел қондырғыларының тиімділігін арттыру мүмкіндігі қарастырылады. Сонымен қатар, жел қондырғысы жүздерінен құрылған магниттік ағын, оның торды қорғау бөлігінде, қосымша индукциялық ток тудырады. Өз кезегінде, бұл магниттік ағынның үшінші және төртінші бұрмалары жел қондырғыларының зәкірлік кедергісін келтіреді, яғни ауа кеңістігінде қозғалу әсерін тудырады. Бұл жел қондырғыларының тиімділігін арттырып қана қоймайды, сонымен қатар қосымша индукциялық ток өндіреді. Сонымен қатар, жел күшін пайдалану өнімділігін арттырады. Диодтық көпір көмегімен жел қондырғысынан алынатын ток және индукциялық токты үндестіру әдісі ұсынылады. Сондай-ақ, осы жұмыстың пайдалы жағы статор және ротордың магниттік кеңістігінде болатын ауадағы қозғалу әсері болып табылады. Бұл әсер жел қондырғыларының жұмысын жеңілдетеді, зәкірлік кедергіні белгілі бір деңгейге дейін төмендетеді.

Түйінді сөздер: магниттік лопастар, левитация эффекті, жел энергетикалық қондырғысы, ток өткізгіш тор, индукциялық ток, токтарды синхрондау, якорлық қарсылық.

Abstract

Rustamov N.T.¹, Meirbekov B.K.²

¹Dr. Sci. (Engineering), Professor of Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan

²Student of Master Programme in Physics, Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University,
Turkestan, Kazakhstan

INCREASING EFFECTIVENESS OF WIND TURBINES

This article deals with the possibility to increase effectiveness of wind turbines with use of the magnetic blades which are in the electrically conductive grid. At the same time, the magnetic flux created by the wind turbine blades, in the grid protecting it, makes the padding inductive current. In turn, the third and fourth harmonics of this magnetic flux levitate the anchor resistance of the engine of the wind turbine, i.e. there is the effect of levitation. Thereby not only effectiveness of the wind turbine increases, but the padding inductive current is developed. Thereby it is speeded up the use of the wind force. It is offered the method of synchronization of the inductive current and the current received from the wind generator with the help of the diode bridge. And also, a positive side of this work is the effect of levitation occurring on the magnetic space of the stator and rotor. This effect to the particular level reduces the anchor resistance that facilitates the operation of the wind generator.

Key words: magnetic blade, effect of levitation, wind power plant, conductive grid, induction current, synchronization of currents, anchor resistance.

По сегодняшним данным, технический показатель энергии ветра в нашей стране составляет около 3 млрд кВт*ч в год. Причина такой большой выработки энергии объясняется тем, что Казахстан расположен в умеренно-континентальном поясе северного полушария планеты. Баланс научных данных и человеческого опыта на сегодняшний день четко делает вывод, что ветровые турбины не являются вредными для здоровья человека – на самом деле, энергия ветра снижает количество вредных выбросов в атмосферу и не создает никаких вредных отходов производства, по сравнению с другими источниками электроэнергии. В таких случаях ветровые проекты имеют востребованность и являются эффективным, в смысле короткого периода строительства и могут быть быстро развернуты с положительными последствиями, доставленных местным общинам [1]. Производительность таких проектов в первой очереди зависит от эффективной работы ветроустановок. В данной работе предлагается один из возможных способов энергетической ветроустановки повышающий производительность предлагаемых ветровых проектов.

В этом случае, на ВЭУ используются магнитные лопасти. Такая особенность установки дает ряд преимуществ при выработке электроэнергии, среди которых:

- магнитное поле, которое создают магнитные лопасти, снижает скольжение ротора при вращении;
- создается дополнительный источник электроэнергии в виде индукционного тока, который способствует увлечению выработке электроэнергии.

Целью работы является разработка ВЭУ с магнитными лопастями, снижающий скольжение ротора за счет магнитной левитации, а также повышающий эффективность использования энергии ветра порожждением индукционного тока.

Метод решения. ВЭУ с магнитными лопастями - это установка, которая позволяет компенсировать потери энергии в роторе, а также дает возможность для выработки дополнительной электрической

энергии. Скорость ветра колеблется от 3 до 15 м/с, учитывая этот фактор в разрабатываемой установке с появлением ветра будет вырабатываться дополнительная электрическая энергия на токопроводящей сетке в виде индукционного тока. Такая установка показана на рисунке 1:



Рисунок 1. Общий вид ветрогенератора с магнитными лопастями

Эффект магнитной левитации на этой установке Показан на рисунке 2. Магнитная левитация – кардинальное уменьшение эффектов трения, звукового шума, вибрации и потери энергии. Магнитные материалы и системы способны притягивать или отталкивать друг друга с силой, зависящей от магнитного поля и поверхности магнита [2]. Из этого следует, что может быть определено магнитное давление. Магнитное давление магнитного поля сверхпроводника подсчитывается по формуле:

$$P_{\text{маг}} = \frac{B^2}{2\mu_0}$$

где $P_{\text{маг}}$ - сила на единицу площади поверхности в Паскалях, B - магнитная индукция над сверхпроводником в Теслах, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Н} \cdot \text{А}^{-2}$ - магнитная проницаемость вакуума. Как показан в [2] этот эффект предназначен для устойчивой работы ротора.

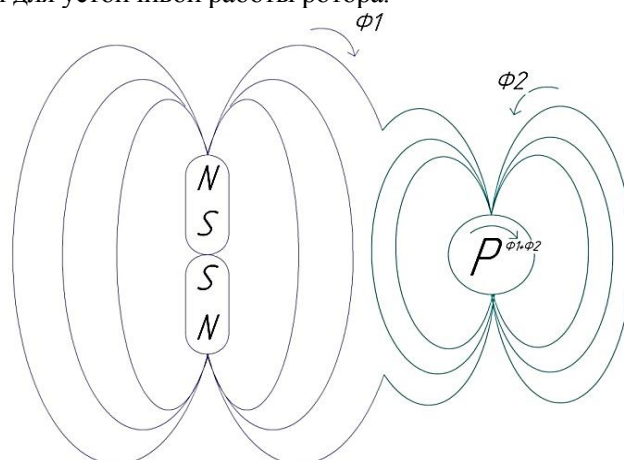


Рисунок 2. Эффект магнитной левитации между магнитными лопастями и ротором генератора, где Φ_1 – магнитный поток внутри сетки, Φ_2 – магнитный поток ротора, P – генератор

Магнитное поле порожденное магнитными лопастями соприкасаясь с магнитным полем ротора создает эффект левитации, то есть в роторе генератора создается добавочное магнитное поле $\Phi_1 + \Phi_2$, которое способствует снижению скольжения ротора. В свою очередь это приводит к легкому запуску ротора, а также легкой работы ветрогенератора.

Пример. Примерный расчет магнитных потоков при магнитной левитации производится следующим образом. Данные для расчета:

$t = 2$ с – время;

$E_1 = 120$ В – ЭДС вырабатываемый из сетки;

$E_2 = 240$ В – ЭДС вырабатываемый генератором.

1. Находим магнитный поток внутри сетки:

$$\Phi_1 = E_1 \times t = 240 \text{ Вб};$$

2. Находим магнитный поток ротора:

$$\Phi_2 = E_2 \times t = 480 \text{ Вб};$$

3. Находим результирующий магнитный поток при магнитной левитации:

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 = 720 \text{ Вб}.$$

При увеличении магнитного потока скорость ротора увеличивается прямо пропорционально. Из этого следует, что коэффициент скольжения уменьшается тем самым обеспечивая генератору легкий пуск ротора, а также длительный срок работы.

В предлагаемой установке вопрос синхронизации токов получаемых из двух источников энергии является очень важным. Чтобы выработать максимально нужную энергию мы должны синхронизировать генераторный и индукционный ток. При этом мы должны соблюдать баланс в распределении тока по аккумулятору. Для этого мы используем диодный мост, чтобы минимизировать скачок тока, а также для выпрямления общего тока. После этого направляем собранную и стабилизированную энергию в аккумулятор для зарядки. После зарядки батареи мы используем инвертор, чтобы повысить исходное напряжение до 220 В, а также изменяем постоянный ток на синусоидальный переменный ток. Далее выработанный ток распределяем по потребителям. Такая ВЭУ показаны на рисунке 3.

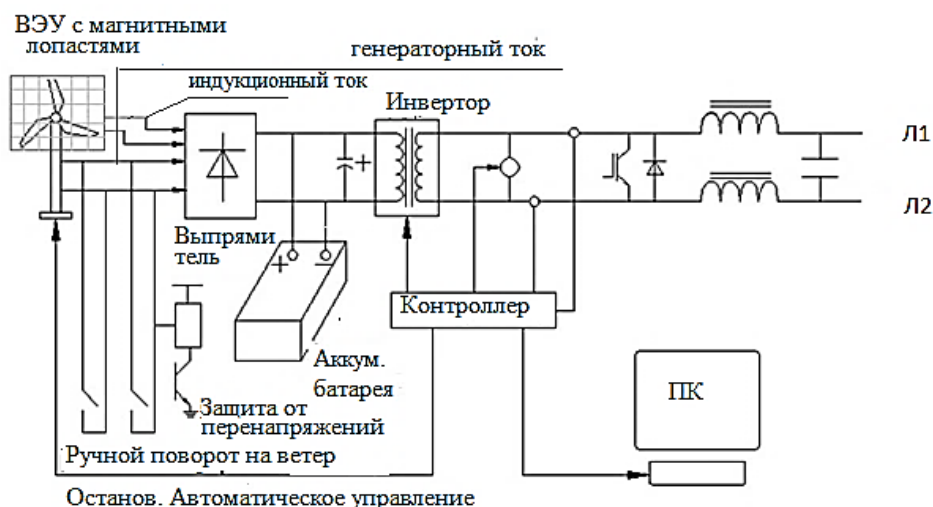


Рисунок 3. Синхронизация генераторного тока с индукционного на основе диодного моста

При выработке тока на ВЭУ с магнитными лопастями есть определенные трудности. Скорость ветра не бывает постоянной, из этого следует что ток, полученный из установки, будет не постоянным также, как и магнитный поток. Следствием этого будет не постоянный и индукционный ток. Чтобы синхронизировать генераторный и индукционный ток ставим между ветроустановкой и контроллером полупроводниковый диод. Диод способствует выпрямлению и синхронизации генераторного тока и индукционного тока. Тем самым в контроллер поступает синхронизированный ток (рис.5).

Проведенный эксперимент показал работоспособность предложенной схемы (рис.3) ВЭУ с магнитными лопастями [3]. Результаты эксперимента приведена на рисунке 4. Как видно из графика скачок тока почти полностью сводится к нулю за счет железной сетки которая компенсирует прерывность за счет дополнительного тока, вырабатываемого из сетки. С наличием сетки все процессы, происходящие в коллекторе, сглаживаются и стабилизируются. Это приводит к энергоэффективности ВЭУ и созданию

дополнительной энергии для потребителей. Тем самым мы решаем задачу эффективного распределения и управления электроэнергией.

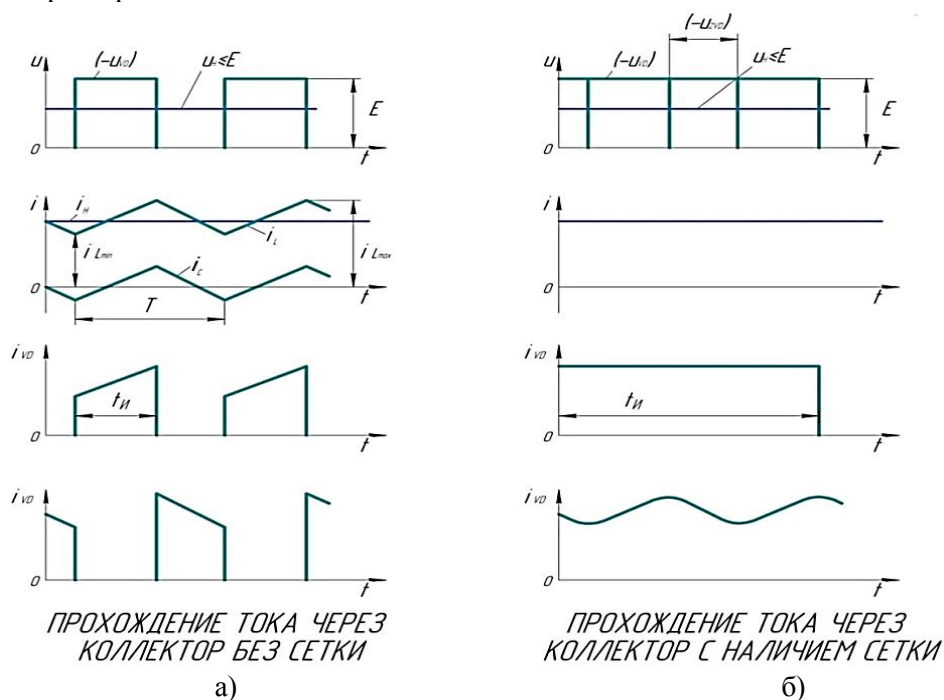


Рисунок 4. Вид генераторного тока а) в контроллере и вид синхронизированного тока б)

Вывод. Теоретически доказано, что коэффициент использования энергии ветра идеальных ветроустановок равен 0.593. Это объясняется тем, что роторы ветроустановок используют один и тот же эффект подъемной силы, возникающие при обтекании ветровым потоком профилированной лопасти [4].

С одной стороны, повышение эффективности ветерегенераторной установки и коэффициент использования энергии ветра ВЭУ с магнитными лопастями дает желательные результаты. С другой стороны, с помощью предложенной энергетической системы можно продлить срок работы ветрогенератора, а также получать дополнительную электрическую энергию. Техническая реализация такой системы не является трудным. Но безопасность и эффективность гарантирована. Для отдаленных трудно доступных регионов такие энергосистемы решают проблемы с электричеством, также создают экономический баланс. Так как, на отдаленные регионы нецелесообразно проводить различные типы линии энергопередачи, то оптимальным видом для обеспечения энергоснабжения этих регионов является использования ВЭУ с магнитными лопастями.

Список использованной литературы:

1. Аналитическое исследование «Казахстан: Энергетическая безопасность, энергетическая независимость и устойчивость развития энергетики. Состояние и перспективы», под ред. Алияров Б., Институт энергетических исследований. - Алматы, 2009. – 370 с.
2. Луников В., Чернышов Н., Мвуджо Е. "Возможности магнитной левитации магнитных тел наноразмеров в градиентном магнитном поле токовых обмоток" - Международная науч.-техн. конф. "Физико-химические основы формирования и модификации микро- и наноструктур". - Харьков: НФТЦ МОН и НАН Украины, 2007. - с. 109-110.
3. Рустамов Н.Т., Исмаилов Д.М. К вопросу повышения эффективности ветроустановок. Вестник МКТУ им. А.Ясауи, № 2, 2016, с. 23-32.
4. Ахмедов Р.Б. Технология использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Серия Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. - М.: ВИНТИ, 1987. – 176 с.

ЭОЖ 621.382.2
МРНТИ 29.01.11

В.Б. Рыстыгулова¹, А.Ж. Жолбарыс²

¹ф.-м.э.к., Абай атындағы ҚазҰПУ, Математика, физика және информатика институтының аға оқытушысы, Алматы қ., Қазақстан

² Абай атындағы ҚазҰПУ, «Физика» мамандығының магистранты, Алматы қ., Қазақстан

ТҮЗЕТКІШ ДИОД ПЕН ШОТТКИ ДИОДЫН ОҚЫП-ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа

Заманауи ғылыми-техникалық прогресс жаңалығы жаңа материалдарды, дербес жағдайда жартылай өткізгішті материалдарды жасаумен және оны игерумен тығыз байланысты. Күрделі электронды аппаратураны жасау барысында көптеген инженерлік есептерді шешу үшін осы материалдар маңызды роль атқарады, сондықтан оның саны мен номенклатурасы жыл сайын өсуде. Практика материалдардың қасиетіне және үйлесімділігіне қатаң және түрлі талаптарды ұдайы қойып келеді. Қазіргі кезде әр түрлі мақсатқа арналған, электронды техникада қолданылатын жартылай өткізгіштердің құрылысы мен вольт-амперлік сипаттамаларын зерттеу өзекті мәселе болып табылады.

Мақалада түзеткіш диод пен Шоттки диоды қарастырылған. Жартылай өткізгішті диодтардың физикалық негіздері және вольт-амперлік сипаттамалары оқып-зерттелген. Диодтардың физикалық сипаттамаларына салыстырмалы талдау берілген. Кремнийден және германийден жасалған диодтардың салыстырмалы вольт-амперлік талдауы көрсетілген. Диодтардың жұмысындағы артықшылықтар мен кемшіліктер көрсетілген. Идеалды және нақты диодтардың салыстырмалы графигі тұрғызылған.

Түйінді сөздер: жартылай өткізгішті диод, түзеткіш диод, Шоттки диоды, $p-n$ ауысу, потенциалдық тосқауыл, Шоттки өткелі.

Аннотация

В.Б. Рыстыгулова¹, А.Ж. Жолбарыс²

¹ к.ф.-м.н., старший преподаватель Института Математики, физики и информатики при КазНПУ им. Абая, г. Алматы, Казахстан

² Магистрант специальности «Физика» КазНПУ им. Абая, г. Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫПРЯМИТЕЛЬНОГО ДИОДА И ДИОДА ШОТТКИ

Новизна современного научно-технического прогресса тесно связана с разработкой и созданием новых материалов, особенно в полупроводниковом материале. Для создания сложного электронного оборудования эти материалы играют важную роль в решении многих инженерных задач, поэтому их количество и диапазон растет с каждым годом. Практика предъявляет высокие требования к качеству этих материалов. В настоящее время является актуальным исследование вольт-амперных характеристик и свойство полупроводников для использования в электронной технике.

В статье рассмотрены выпрямительный диод и диод Шоттки. Изучены физические основы и вольт-амперные характеристики полупроводниковых диодов. Приведены сравнительный анализ физических характеристик диодов. Показаны преимущества и недостатки в работах диодов.

Ключевые слова: полупроводниковый диод, выпрямительный диод, диод Шоттки, $p-n$ переход, потенциальный барьер, переход Шоттки.

Abstract

Rystygulova V.B.¹, Zholbarys A.Zh.²

¹ Cand. Sci. (Phys.-Math), Senior Lecturer of the Institute of Mathematics, Physics and Informatics at Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

² Student of Master Programme in Physics, Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

RESEARCH RECTIFIER DIODE AND SCHOTTKY DIODE

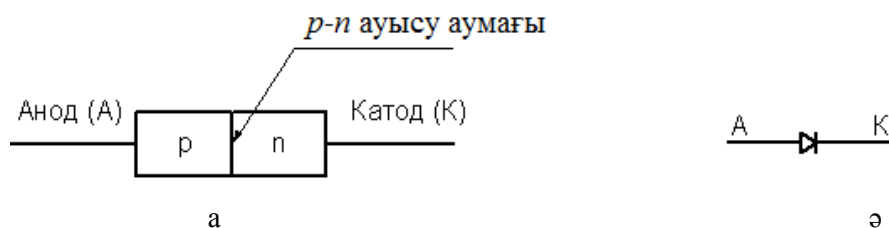
The novelty of modern scientific and technological progress is closely connected with the development and creation of new materials, especially in semiconductor material. To create complex electronic equipment, these materials play an important role in solving many engineering problems, so the number and range is increasing every year. Practice strictly requires high quality on the property of these materials. At the present time, studies of the current-voltage characteristics and the property of semiconductors for use in electronic engineering are also relevant.

The article considers a rectifier diode and a Schottky diode. The physical fundamentals and the current-voltage characteristics of semiconductor diodes are studied. A comparative analysis of the physical characteristics of the diodes is given. The advantages and disadvantages of the diodes' work are shown.

Key words: semiconductor diode, rectifier diode, Schottky diode, potential barrier, Schottky transition.

Бір немесе бірнеше $p-n$ ауысуынан және екі сыртқа шығарылған өткізгіштен тұратын электртүрлендіретін жартылай өткізгішті аспапты жартылай өткізгішті диод деп атаймыз.

Электронды-кемтікті ауысудан тұратын жартылай өткізгішті диодтың құрылымы мен шартты графикалық белгіленуі 1а,ә суретте келтірілген.



Сурет1. Электронды-кемтікті ауысудан тұратын жартылай өткізгішті диодтың құрылымы

p және n әріптерімен өткізгіштіктері сәйкесінше p -типті және n -типті болатын жартылай өткізгіштің қабаттары белгіленген. Әдетте зарядтың негізгі тасымалдаушыларының концентрацияларында (p -қабатында кемтіктер және n -қабатында электрондар) айтарлықтай айырмашылық болады. $p-n$ құрылымының база деп аталатын бөлігіне қарағанда, эмиттер деп аталатын бөлігінде негізгі заряд тасымалдаушыларының концентрациясы көп болады.

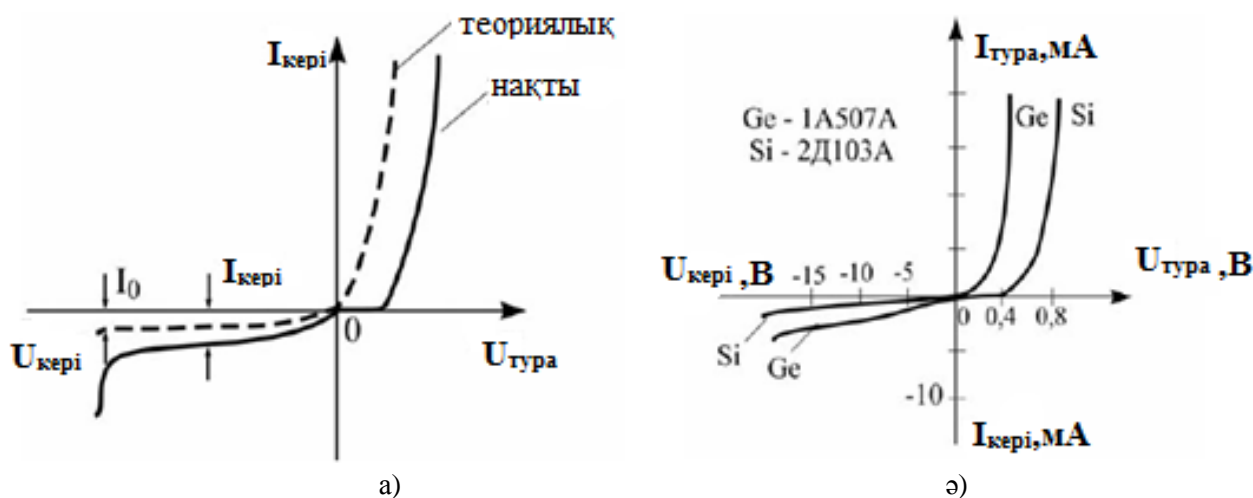
Электртүрлендіргіш жартылай өткізгішті диодтарды $p-n$ ауысуының негізгі тағайындалуына және қолданылатын құбылыстың түріне қарай түзеткіш, жоғары жиілікті, импульстік, туннельдік, стабилитрондар, варикаптар деп алты негізгі функциональдық түрге бөлуге болады [1].

Жартылай өткізгішті диодтардың негізгі сипаттамасына олардың вольт-амперлік сипаттамасы жатады. Идеал $p-n$ ауысуының (2,а-суреттегі үзік қисық) сипаттамасымен салыстырғандағы айырмашылығы, нақты диодтардың сипаттамасы (2,а-суреттегі тұтас қисық) тура кернеу координатасында, U кернеудің бір бөлігінің база диодының r көлемдік кедергісіне түсуіне байланысты, біршама төмен орналасады.

Вольт-амперлік сипаттамасының теңдеуі мына түрде жазылады:

$$I = I_0 \left[\exp\left(\frac{U}{\varphi_T}\right) - 1 \right],$$

мұндағы U — $p-n$ ауысудағы кернеу, I_0 — кері (немесе жылудық) ток, φ_T — электронның температуралық потенциалы.



Сурет 2

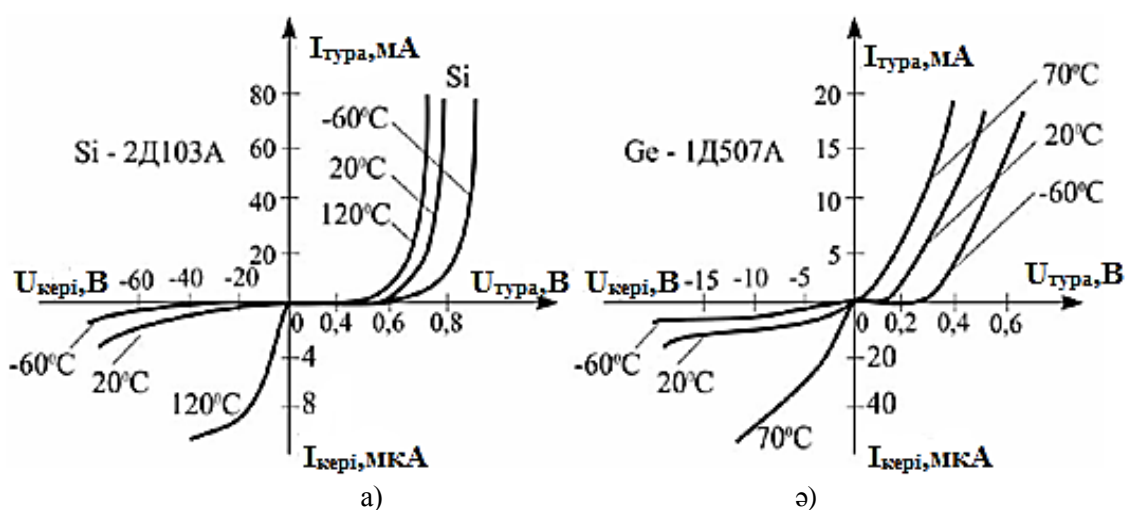
Кері кернеу аумағында жартылай өткізгіштің көлеміндегі кернеудің түсуін ескермеуге болады. Кері кернеу белгілі бір мәнге жеткен кезде диодтың тоғы тез өсе бастайды. Бұл құбылыс диодтың тесілуі деп аталады [2].

Электрондық-кемтіктік ауысудың екі негізгі түрін ажыратады: электрлік және жылулық. Екі жағдайда да токтың тез өсуі ауысу кезіндегі заряд тасымалдаушылардың санымен байланысты.

Жартылай өткізгішті диодтар бір-бірінен жартылай өткізгіштің материалымен ажыратылатын болады. Солардың ішінде ең көп қолданылатыны германий және кремний. 2ә-суретте германий және кремнийден жасалған диодтардың вольт-амперлік сипаттамасы бейнеленген. Температура жоғарылаған сайын, германий диодына (3ә сурет) қарағанда, кремний диодының (3а сурет) кері тоғының өзгерісінің абсолют шамасы аз.

Түзеткіш диодты жиілігі 50 Гц – 100 кГц болатын айнымалы токты түзету үшін қолданады. Онда $p-n$ - ауысудың негізгі қасиеті – біржақты өткізгіштікті қолданады. Түзеткіш диодтың негізгі ерекшелігі $p-n$ - ауысуы ауданының үлкен болуы, өйткені олар шамасы үлкен токтарды түзетуге есептелген. Түзеткіш диодтардың негізгі параметрлері актив жүктемесі бар (конденсаторсыз, пульсацияны тегістеу) бір жартылай периодты түзеткіштердің жұмысына қатысты беріледі.

Түзеткіш құрылғыда айнымалы токтың энергиясы диодтың біржақты өткізгіштігі есебінен тұрақты токтың энергиясына түрленеді.



Сурет 3. Температураға тәуелді диодтардың кері тоғының өзгерісі

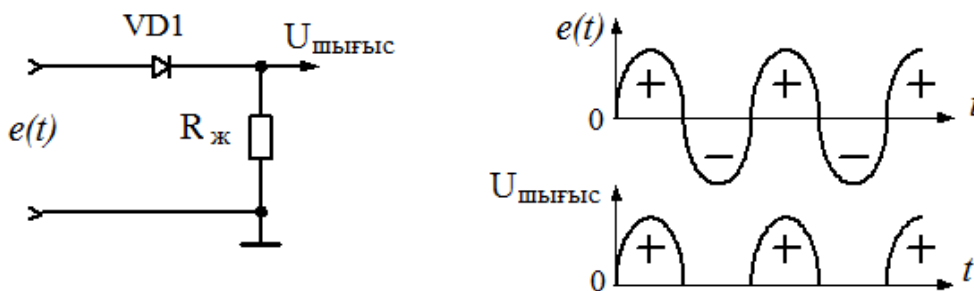
4-суретте бір жартылай периодты түзеткіштің схемасы келтірілген. Түзеткіштің жұмысын қарастырайық. Егер генератор $e(t) = E_m \sin \omega t$ синусоидалы кернеуді өндіретін болса, онда жартылай период оң (+) болғанда диодтың кернеуі тура болады. Диодтың кедергісі аз және резистор арқылы ток өтеді. Ол $R_{жс}$ жүктеме резисторында $e(t)$ кіріс кернеуін қайталайтын $U_{шығыс}$ шығыс кернеуінің түсуін тудырады. Келесі жартылай период теріс (-) болғанда диодтың кернеуі кері болады, диодтың кедергісі өте үлкен, ток жоқ, олай болса $U_{шығыс} = 0$. Сонымен, диод пен $R_{жс}$ арқылы пульсацияланған түзетілген ток өтеді. Ол $R_{жс}$ резисторда $U_{шығыс}$ пульсацияланған түзетілген кернеуді тудырады [3].

Түзетілген кернеудің пайдалы бөлігі ретінде оның тұрақты құраушысын немесе жартылай периодқа келетін U_{opt} орташа мәнін алуға болады:

$$U_{opt} = U_{max} / \pi = 0,318 \cdot U_{max} .$$

Сонымен, U_{opt} мәні максималь мәнің шамамен 30%-ын құрайды.

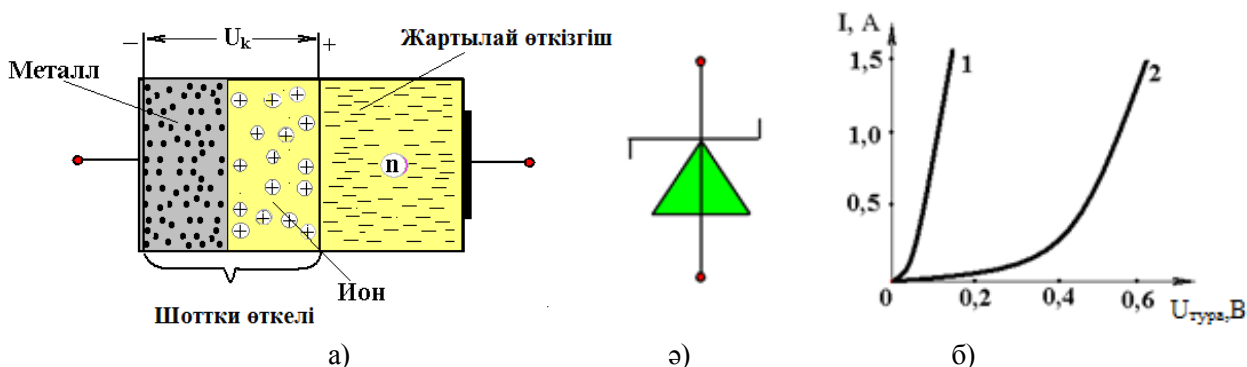
Түзетілген кернеуді әдетте электронды схемаларды қоректендіруге қолданады.



Сурет 4. Бір жартылай периодты түзеткіштің схемасы

Шоттки диоды. Түзеткіш диодтың негізіне p және n типті жартылай өткізгіштердің арасындағы ауысуы қолданып қана қоймай, жартылай өткізгіш пен металл арасындағы ауысуы да қолданады. Мұндай диодтарды Шоттки диоды деп атайды [2,3].

Металл – n -типті жартылай өткізгіштің құрылымын қарастырайық. Егер жартылай өткізгішке қарағанда, металдағы электрондардың шығу жұмысы жоғары болса, онда электрондардың ығысуы жартылай өткізгіштен металлға қарай көбірек болады (металл ішіндегі еркін электрондарға жартылай өткізгіштегі электрондарға қарағанда, шығу жұмысына тең энергияға ие болу қиынырақ). Нәтижесінде металл теріс зарядталады, ал жартылай өткізгіште қалған донор қоспасының иондары оның шекаралық қабатында оң потенциал туғызады. Зарядтардың мұндай таралуы электрондардың ары қарай орын ауыстыруына кедергі жасайтын, U_k контактілік потенциалдар айырымын туғызады. Осы кезде жартылай өткізгіштің жіңішке шекаралық қабатында тасымалдаушылар азаяды. Сонымен, металл – жартылай өткізгіш контактісінің орнына p - n ауысуына ұқсас *өткел* пайда болады (5а сурет). Егер осындай өткелге U_k – ға сәйкес келетін, кері кернеу беретін болсақ, онда тасымалдаушылары аз аумақтың ені кеңейеді де, өткелдегі кедергі артады. Егер тура кернеу берсек, ол U_k потенциалдар айырымына кері әсерін береді де, осы кезде өткел кішірейеді, потенциалдық барьер (тосқауыл) азаяды және өткел арқылы ток өте бастайды. Осындай өткел мен p - n ауысуының вольт-амперлік сипаттамалары ұқсас келеді екен (5б сурет).



Сурет 5. Металл–жартылай өткізгішті Шоттки диоды:

а – диодтың құрылымы; ә – шартты белгіленуі; б – вольт-амперлік сипаттамасы;
1 – Шоттки өткелі; 2 – p - n ауысу

Шоттки диодының сипаттамасындағы негізгі ерекшелік, p - n ауысу негізінде жасалған диодқа қарағанда, тура түсу кернеуінің едәуір аз болуы (5б сурет). Бұл былай түсіндіріледі: Шоттки диодындағы өткелдің бір заты – металл болып табылады, сондықтан оның электрлік кедергісі жартылай өткізгішке қарағанда едәуір аз.

Шоттки диодының келесі бір ерекшелігі – металдан жартылай өткізгішке өтіп кететін негізгі емес заряд тасымалдаушылардың жоқ болуы (біз қарастырып отырған жағдайда n -аймағы үшін негізгі емес болып табылатын – кемтіктің жоқ болуы). Бұл Шоттки диодының қарапайым диодқа қарағанда тек іске қосылуын айтарлықтай жоғарылатады, өйткені сыртқы кернеудің полярлығын ауыстырған кезде, мұндай тасымалдаушылардың жайылуын қажет етпейді.

Шоттки диодындағы түзеткіш өткел кремний пластинкасына ауамен тоздандыру әдісі бойынша

жағылған, сыйымдылығы 0,01 пФ-тан аспайтын молибденнің немесе алюминийдің жұқа пленкасы болып табылады. Бұл олардың аз уақытта (наносекундтың үлесіндей) іске қосылуын және шекті жоғары жұмыстық жиілігін (оншақты Гигагерц) қамтамасыз етеді. Қуатты диодтар 500 В-қа дейінгі кері кернеулерде оншақты ампер токты өткізуге мүмкіндігі бар. Өте аз тура кернеудің арқасында (*p-n* типті диодтағы 0,7 В орнына 0,3 В) олар өте жоғары ПЭК-ін қамтамасыз етеді. Шоттки диодының шартты графикалық белгіленуі 5б-суретте келтірілген.

Бұл мақалада келтірілген түзеткіш диод пен Шоттки диодының құрылымы әр түрлі болғанымен, вольт-амперлік сипаттамаларында ұқсастық бар. Түзеткіш диод айнымалы токты түзету үшін қолданылатын болса, ал Шоттки диоды тура кернеудің түсуі өте аз 0,2-0,4 В болуы және шапшаң іске қосылуы сияқты екі ерекше қасиетіне байланысты, оны компьютерлердің қоректендіру блогында, сондай-ақ, кернеудің импульсті стабилизаторында қолданылады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. *Электротехника және электроника негіздері: оқу құралы / Е.Ф. Нәдіров, С.Б. Балабатыров, К.О. Ғали. – Алматы: Бастау, 2012. - 588 б.*
2. *Рыстығұлова В.Б. Электроника негіздері. Оқу-әдістемелік құрал. – Алматы: Абай атындағы ҚазҰПУ: «Ұлағат» баспасы, 2011. – 64 б.*
3. *Мұқашев Қ.М. Электроника және схематехника негіздері: оқу құралы. Физика-техникалық мамандардың студенттеріне арналады / Қ.М. Мұқашев, К.С. Шадинова. – Алматы: Абай атындағы ҚазҰПУ, 2011. – 350 б.*

УДК 544.4
ГРНТИ 31.15.27

Б.А. Урмашев¹, Е.П. Макашев², Г.Ж. Бейсенбекова³

^{1,2} к.ф.-м.н., доцент *Казахского национального университета им. аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан*
³ магистрант по специальности «Вычислительная техника и программное обеспечение»,
г.Алматы, Казахстан

АНАЛИЗ КИНЕТИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ PRIME

Аннотация

Анализ кинетического механизма процесса горения проводился в программном комплексе *Process Informatics Model (PrIME)*. Для прямой кинетической задачи выбирается механизм DLR из базы данных программы, а для анализа кинетического механизма, кинетической обратной задачи, был выбран механизм GRI 3.0 в программе PrIME, который описывает горение метана, природного газа и других углеводородов (ацетилен, пропан). Кинетический механизм GRI 3.0 описывают реакции происходящие на молекулярном уровне, в котором рассматриваются в каком порядке разрываются или формируются связи. Механизм, выбранный из базы программы PrIME, состоит из 309 реакции и 53 реагентов. В ходе исследования повторный анализ механизма, то есть обратная задача GRI 3.0 механизма показывает, что после исключения некоторых реакции, интервал неопределенности сужается, и согласованность механизма улучшается. В итоге анализа вышеуказанный механизм принял состояние согласованности.

Ключевые слова: анализ, программный комплекс PrIME, горение, кинетический механизм, прямая задача, обратная задача.

Аңдатпа

Б.А. Урмашев¹, Е.П. Макашев², Г.Ж. Бейсенбекова³
^{1,2} ф.-м.ғ.к., *Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-ің доценті, Алматы қ., Қазақстан*
³ *Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, «Есептеу техникасы және программалық қамтамасыз ету»
мамандығының магистранты, Алматы, Қазақстан*

PRIME БАҒДАРЛАМАЛЫҚ КЕШЕНІНДЕ ЖАНУ ПРОЦЕСІНІҢ КИНЕТИКАЛЫҚ МЕХАНИЗМІНЕ ТАЛДАУ ЖАСАУ

Жану процесінің кинетикалық механизміне талдау *Process Informatics Model (PrIME)* бағдарламалық кешенінде жүзеге асты. Тура кинетикалық тапсырма үшін бағдарлама қорынан DLR механизмі, ал кинетикалық механизмнің кері тапсырмасына талдау жасау үшін метанның, табиғи газдың және басқа да көмірсутектердің (ацетилен, пропан) жануын сипаттайтын GRI 3.0 механизмі таңдалды. GRI 3.0 кинетикалық механизмі байланыстардың қандай тәртіппен үзіліп немесе құрылатындығын молекулярлық деңгейде сипаттайды. Деректер қорынан таңдалған механизм 309 реакция, 53 реагенттен тұрады. Зерттеу барысында, қайта жасалған талдау кезінде, яғни кері тапсырма GRI 3.0

механизмінің кейбір реакцияларын шектегеннен кейін анықталмағандық аралығы азайып, механизмнің келісімділігі артатындығы байқалды. Нәтижесінде жоғарыда аталған механизм келісімділікке сай келді.

Түйін сөздер: талдау, PrIme бағдарламалық кешені, кинетикалық механизм, тура тапсырма, кері тапсырма.

Abstract

Urmashev B.A.¹, Makashev Y.P.², Beisenbekova G.Zh.³

^{1,2} Cand. Sci. (Phys.Math), Associate Professor, Al-Farabi KazNU, Almaty, Kazakhstan

³Student of Master Programme in Computing and Software, Al-Farabi KazNU, Almaty, Kazakhstan

**ANALYSIS OF THE KINETIC MECHANISM OF PROCESS OF BURNING
IN THE PROGRAM PRIME**

The analysis of the kinetic mechanism of process of burning was carried out in the program Process Informatics Model complex (PrIme). For a direct kinetic task has been chosen the DLR mechanism of the database of the program, and for the analysis of the kinetic mechanism, a kinetic return task, has been chosen the GRI 3.0 mechanism in the PrIme program, which describes burning of methane, natural gas, and other hydrocarbons (acetylene, propane). Kinetic mechanism GRI 3.0 describe the reactions taking place at the molecular level, which deals with the order in which communications are broken or formed. The mechanism chosen from base of the PrIme program consists of the 309th reaction and 53 reagents. During the research the repeated analysis of the mechanism, that is the return kinetic task, GRI 3.0 mechanisms shows that after an exception of some of reaction, the interval of uncertainty is narrowed, and coherence of the mechanism improves. As a result of the analysis the above-stated mechanism has accepted a condition of coherences.

Keywords: analysis, program PrIme, burning, kinetic mechanism, direct task, return task.

Введение

Область моделирования процессов горения – одна из мультидисциплинарных областей науки, таких как наука о земле, физика высоких энергий, термоядерный синтез и т.д., где изучение определенных явлений или разработка устройств требует анализа явлений, происходящих на различных временных и пространственных масштабах. Область изучения процессов горения может получить существенную выгоду от использования современных методов анализа и хранения информации и применения облачных сервисов для унификации и интенсификации процессов обмена научной информацией. Практическая значимость предсказательного моделирования процессов горения непрерывно возрастает. Необходимость повышения эффективности используемых энергоустановок и двигателей внутреннего сгорания, применение новых видов топлив, необходимость контроля уровня образования вредных веществ заставляет инженеров разрабатывать новые типы энергоустановок и модифицировать существующие камеры сгорания. Экспериментальные исследования в этой области могут дать лишь ограниченное понимание таких явлений, как образование вредных веществ или масштабируемость предложенных решений. Появившиеся программные решения качественно изменили возможности инженеров по проверке новых идей еще до создания физических прототипов изделий, кардинально сократили стоимость, сроки их выхода на рынок, снизили риски, связанные с инновационным процессом. Особенно актуальным, в частности, моделирование становится при проектировании камер сгорания перспективных двигательных и энергетических установок. Частная задача генерации кинетической схемы горения углеводородов решалась рядом научных групп. Наиболее близким прототипом универсальной системы, реализованным к настоящему моменту, является веб-сервис PrIme, созданный и поддерживаемый группой профессора М. Френклаха. Данная система реализует функциональность, связанную оптимизацией кинетических схем и анализом распространения неопределенностей в процессе моделирования. Стоит отметить, что в основе данной системы лежит концепция DataCollaboration, суть которой состоит в сборе всей имеющейся прямой и косвенной экспериментальной информации о процессах горения и ее последующем использовании для предсказания требуемых свойств процессов горения. Данная концепция носит универсальный характер и может быть распространена на другие предметные области [1]. Кинетический механизм, схема, описывающая процессов горения топлив. Так, как механизм играет основную роль в процессе горения, необходимо тщательная проверка механизма. В данной статье рассматривается анализ на согласованность и неопределенности данных механизма GRI 3.0, а также рассматривается решение тестовой прямой и обратной кинетической задачи.

1. Программный комплекс PrIme

Среда моделирования химических процессов программном комплексе PrIme – новая парадигма для построения моделей сложных химических реакций. Инструмент анализа модели разработан профессором М.Френклахом и его коллегами.

Анализ механизма и решения тестовой прямой и обратной кинетических задач проводилась в программном комплексе PrIme. Интерфейс программного комплекса PrIme приведен на рисунке 1.

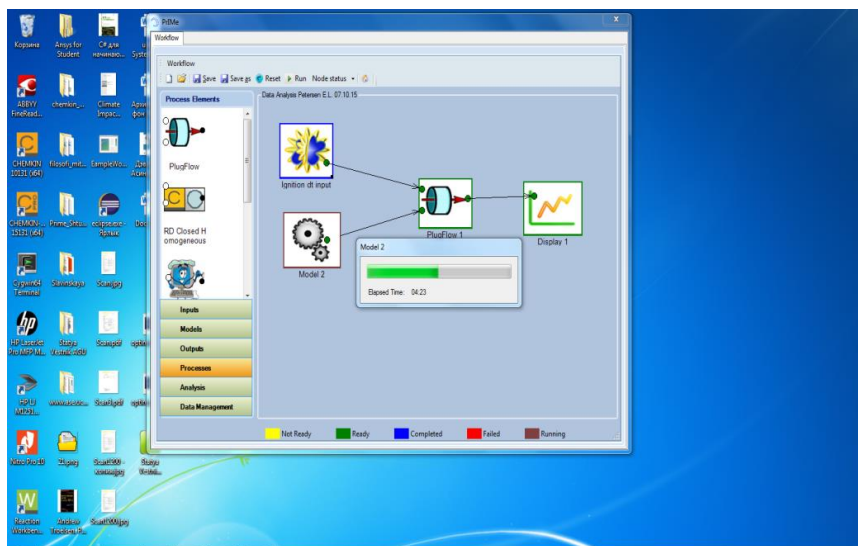


Рисунок 1. Интерфейс программного комплекса PrIME

Он сочетает в себе:

- экспериментальные данные с моделями неопределенности;
- основные численные задачи для наилучшей согласованности механизма оптимизации;
- оптимизация с ограничениями;
- методы решения;
- надежная теория управления;
- анализ всех доступных данных;
- гарантирует непротиворечивость набора данных;
- динамическая генерация прогнозирующих моделей на основе всего набора данных [4].

Набор данных анализа согласованности определяет достоверность и целостность данных, включенных в анализ, и определяет экспериментальные цели или параметры модели, вызывающие набор данных, чтобы быть непоследовательным (Рис. 2). Этот анализ повышает качество экспериментальных данных, принятых для оптимизации параметров модели на области допустимых значений параметра пространства.

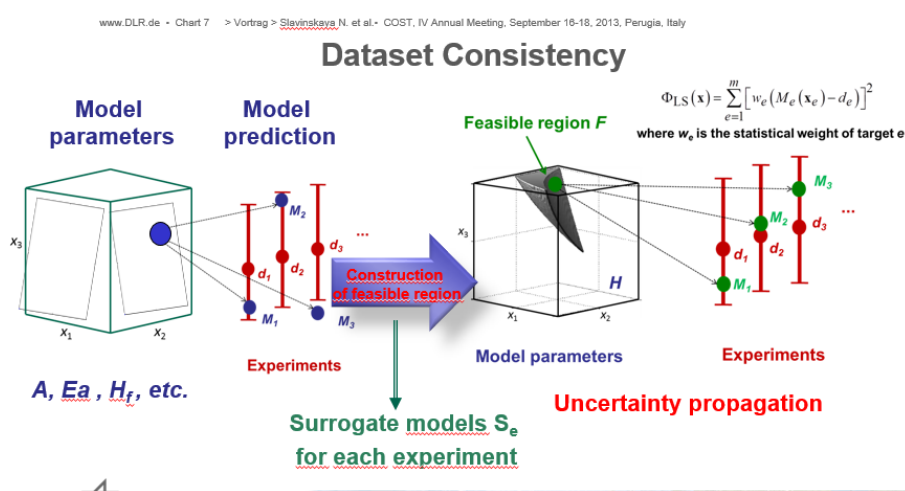


Рисунок 2. Согласованность набора данных

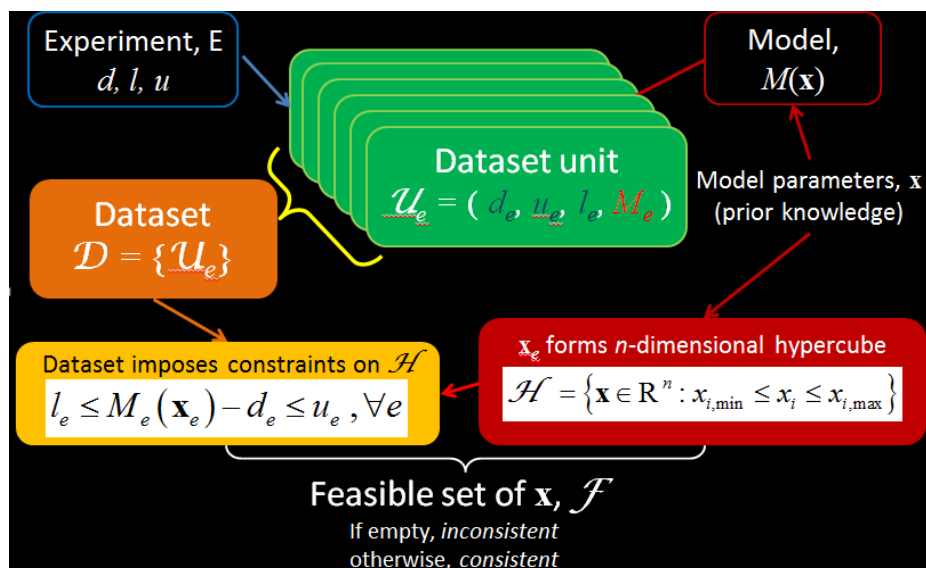


Рисунок 3. Набор данных единиц, необходимых для согласованности данных и анализа неопределенности

Согласованность данных является методом, который объединяет модели процессов и связанные с ними значения параметров, допустимых с экспериментальными данными и сопровождающие неопределенности (Рис.3) [5].

Для того, чтобы применить методы модуля Data Collaboration с моделью кинетического механизма реакций, в которых были выбраны данные для проверки механизма, должны быть представлены в конкретном PrIme формате. Этот формат является предметом требования рецептуры набора данных. Набор данных является ключевым элементом анализа согласованности данных [2].

2. Решение тестовой прямой кинетической задачи

Веб-сервис PrIme (The Process Informatics Model) является инструментом анализа модели. Это программное обеспечение «на основе браузера» считается наиболее универсальной системой для разработки механизмов, объединяющей в себе набор из нескольких средств моделирования.

Для начала был проведен сбор достоверных литературных экспериментальных данных из полнотекстовой базы данных ScienceDirect – ведущей информационной платформы, а также из других источников. Были использованы работы таких авторов, как Юрген Герцлер, Гаурав Миттал, Кимберли Джон Хьюгс, Джон Мертенс, и т.д. Их научные работы в основном посвящены процессам горения бедной топливной смеси синтез-газа. Это можно объяснить тем, что в последнее время все более актуальными для энергетических систем становятся чистые и энергоэффективные виды топлива. При расчете скорости ламинарного пламени водорода, а также топливной смеси синтез-газа в соотношении 1:1 были даны следующие начальные экспериментальные условия: давление $p = 1, 5$ и 10 атм., температура $T = 298, 373$ и 443 К (для синтез-газа только 298 К). При расчете времени воспламенения соотношения водорода и монооксида углерода в составе синтез-газа были соответственно $80/20, 50/50, 40/60, 20/80$ и $10/90$ (H_2/CO), давление $p = 1.6$ атм., 12 атм. и 32 атм.. Результаты показали, что с увеличением монооксида углерода в синтез-газе увеличивается время воспламенения, а энергия активации уменьшается.

Для решения тестовой прямой и обратной кинетических задач открывается окно модели расчета (Рис.4) и строится детальная модель сгорания (Model2), задаются входные данные (Ignition Input), вид реактора (PlugFlow1).

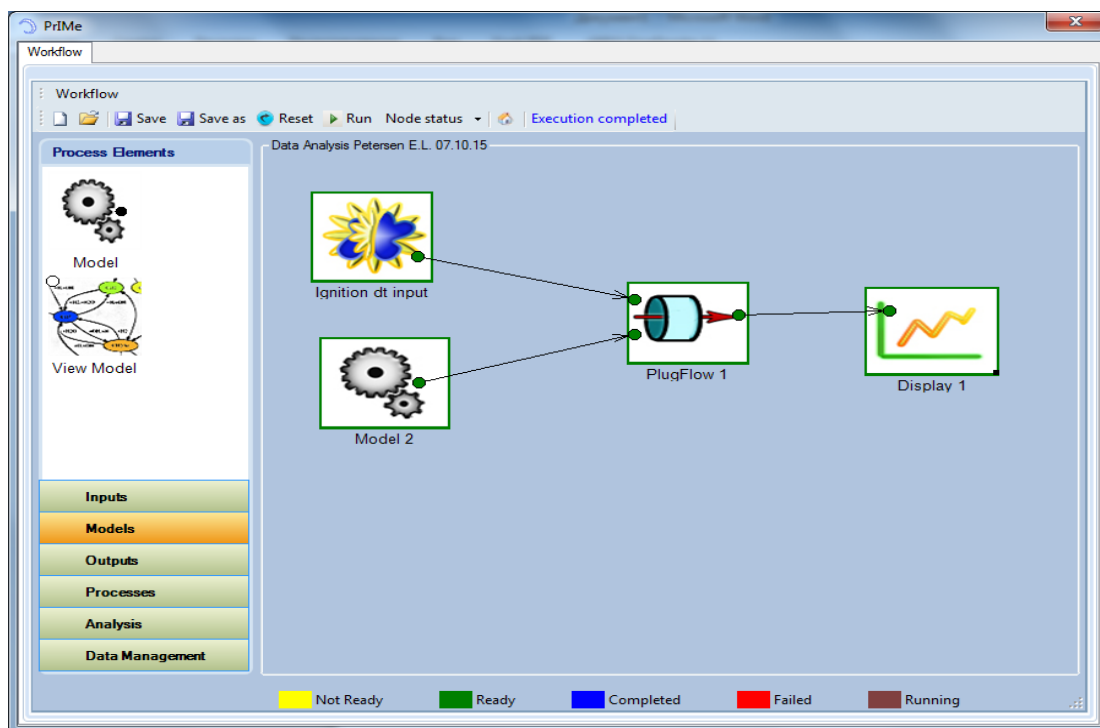


Рисунок 4. Модель расчета PrIME.

Далее, из базы программного комплекса PrIME выбирается химическая модель для расчета (Рис.5). В нашем случае была взята из базы химическая модель DLR-Mech (Рис.5).

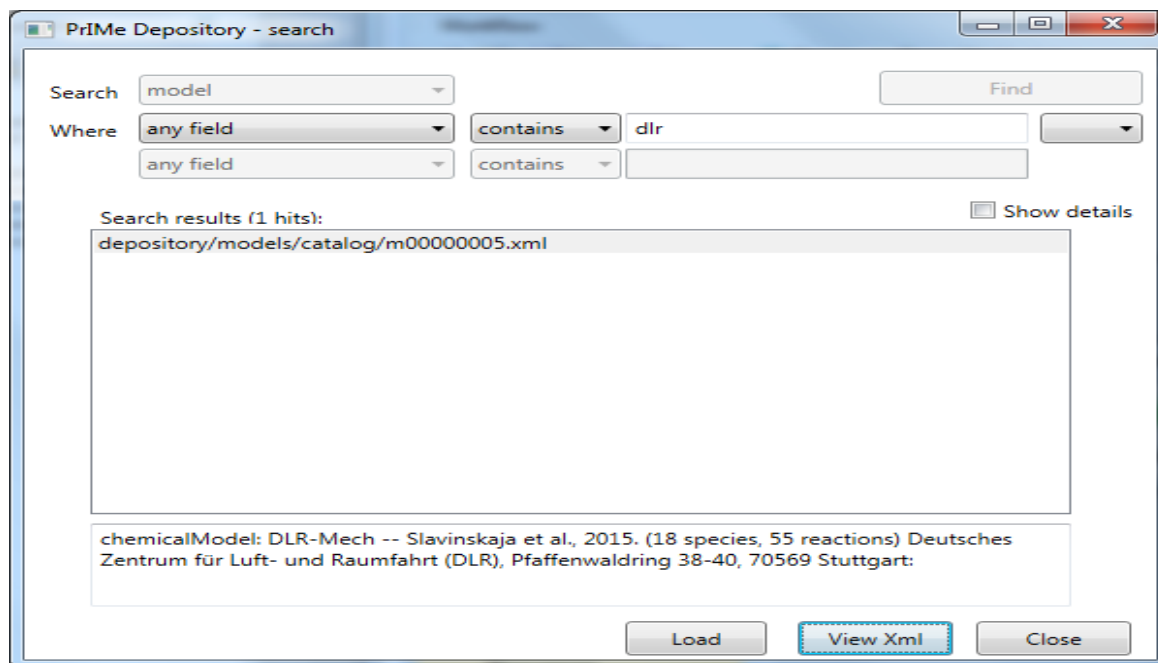


Рисунок 5. Химическая модель DLR-Mech

Для расчета тестовой прямой и обратной кинетических задач задаются исходные состояния: уравнение состояния, температура (К), давление (атм.), скорость потока (cm^3/c) и выбираются компоненты в мольных долях (Рис. 6). Нажимая на кнопку Done, производится расчет по выбранной модели горения.

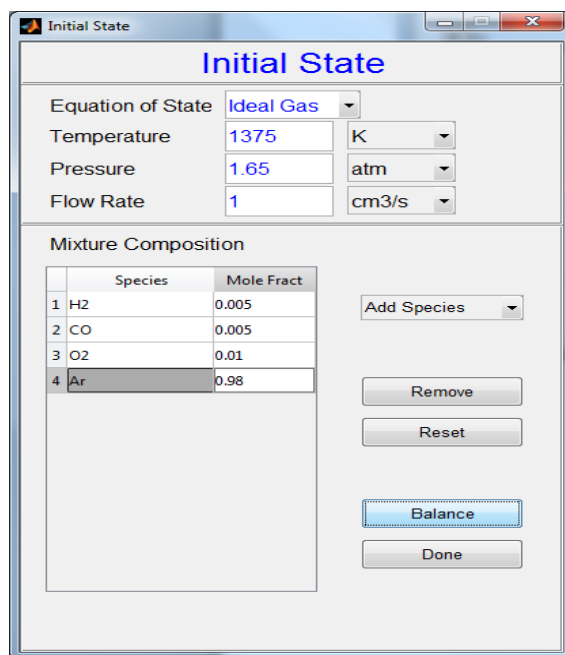


Рисунок 6. Исходное состояние.

Результаты расчета приведены на рисунках 7, 8. На рисунке 7 показан график зависимости скорости химических реакций от температуры и концентрации.

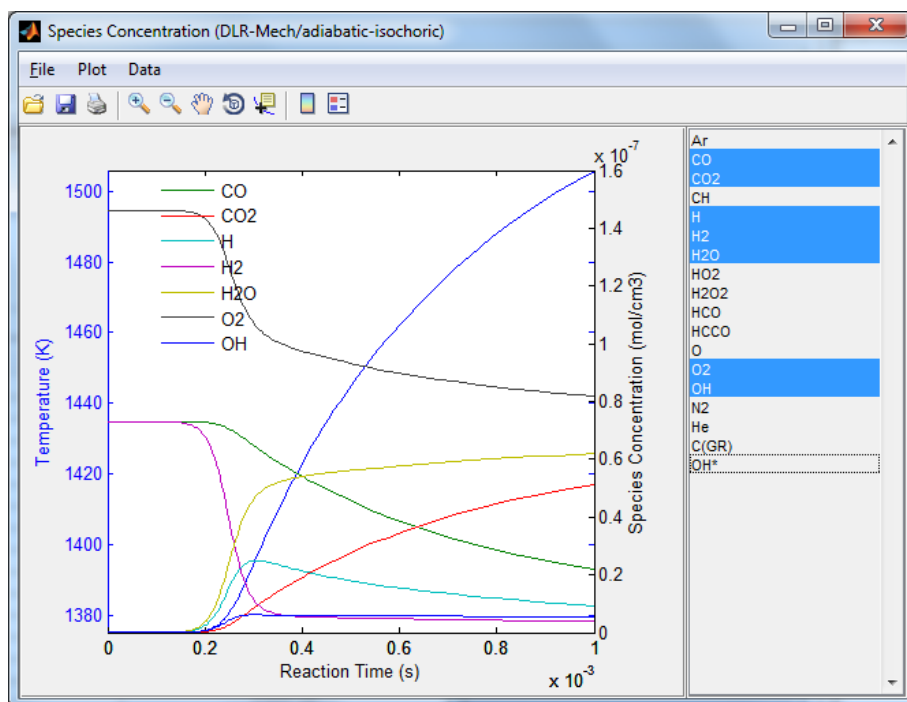


Рисунок 7. Зависимость скорости химических реакций от температуры и концентрации

Reaction	Forward	Reverse	Net
H2 + O2 <=> OH + OH	1.72e-11	1.61e-11	1.08e-12
2 H <=> H2	5.81e-07	7.48e-14	5.81e-07
H2 + O <=> OH + H	6.62e-05	6.26e-05	3.52e-06
H2 + OH <=> H2O + H	9.37e-05	9.03e-05	3.31e-06
2 OH <=> H2O2	2.50e-05	2.32e-05	1.83e-06
O2 + H <=> OH + O	4.66e-04	4.61e-04	4.70e-06
O2 + H <=> HO2	1.41e-05	8.09e-09	1.41e-05
O + O <=> O2	1.41e-07	1.74e-14	1.41e-07
OH + H <=> H2O	3.69e-06	4.58e-13	3.69e-06
H + O <=> OH	6.68e-06	8.14e-13	6.68e-06
HO2 + H <=> H2 + O2	3.89e-06	8.71e-10	3.89e-06
HO2 + H <=> 2 OH	9.68e-06	2.03e-09	9.68e-06
HO2 + H <=> H2O + O	5.55e-08	1.19e-11	5.55e-08
H2O2 + H <=> H2 + HO2	1.56e-08	1.04e-11	1.56e-08
H2O2 + H <=> OH + H2O	1.00e-07	1.34e-14	1.00e-07
2 OH <=> H2O + O	9.07e-05	9.25e-05	-1.72e-06
HO2 + OH <=> H2O + O2	1.37e-06	2.96e-10	1.37e-06
OH + H2O2 <=> HO2 + H2O	1.71e-06	1.09e-09	1.71e-06
HO2 + O <=> OH + O2	8.06e-07	1.71e-10	8.06e-07
O + H2O2 <=> OH + HO2	8.02e-09	5.03e-12	8.02e-09
2 HO2 <=> H2O2 + O2	1.38e-10	4.68e-11	9.15e-11
CO + O2 <=> CO2 + O	3.35e-09	1.18e-09	2.16e-09
CO + OH <=> CO2 + H	4.06e-05	1.45e-05	2.61e-05
CO + O <=> CO2	5.69e-07	2.48e-14	5.69e-07
CO + HO2 <=> CO2 + OH	6.18e-10	4.64e-14	6.18e-10
HCO + O2 <=> CO + HO2	4.28e-09	4.27e-12	4.27e-09
HCO + O2 <=> OH + CO2	4.28e-09	3.20e-16	4.28e-09
HCO + H <=> CO + H2	1.90e-08	4.24e-15	1.90e-08
HCO + O <=> CO + OH	7.02e-09	1.49e-15	7.02e-09

Рисунок 8. Данные химических реакций

После проведенного расчета можно провести анализ по данным химической реакции – прямой и обратной (Рис.8).

Получены расчетные данные для решения тестовых прямой и обратной кинетических задач и экспериментальные данные переведены в единый формат XML, принятый в данной системе [6].

3. Решение тестовой обратной кинетических задач

Решения обратных задач было проведено также в программном комплексе PrIme. В ходе решения задачи для исследования был выбран механизм GRI 3.0 и проведена проверка на согласованность этого механизма с другими механизмами в базе данных PrIme. В результате проверки выбранный механизм был несогласованным с другими. После анализа результата из механизма были исключены несогласованные реакции и повторно проведен анализ на согласованность полученного механизма. В итоге анализа вышеуказанный механизм принял состояние согласованности [6]. Оценка распространения неопределенности показана на рисунке 9.

```

<dataset xmlns:xml="http://www.w3.org/XML/1998/namespace"
  xmlns="http://purl.org/NET/prime/" xmls:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-
  instance" primeID="d0000001" xsi:schemaLocation="http://purl.org/NET/prime/
  http://warehouse.primekinetics.org/schema/dataset.xsd">
  <copyright>@primekinetics.org 2006-2010 </copyright>
  <preferredKey group="prime">GRI-Mech 3.0 dataset</preferredKey>
  <bibliographyLink preferredKey="Smith et al., 1999." primeID="b00014718"/>
  <modelLink preferredKey="GRI-Mech 3.0" primeID="m00000003"/>
  <surrogateModelSet>
  <surrogateModelLink preferredKey="GRI-Mech 3.0 - ig.1a" primeID="sm00000001"/>
  <surrogateModelLink preferredKey="GRI-Mech 3.0 - ig.1b" primeID="sm00000002"/>
  <surrogateModelLink preferredKey="GRI-Mech 3.0 - ig.2" primeID="sm00000003"/>
  <surrogateModelLink preferredKey="GRI-Mech 3.0 - ig.6a" primeID="sm00000004"/>
  <surrogateModelLink preferredKey="GRI-Mech 3.0 - ig.6b" primeID="sm00000005"/>
  <surrogateModelLink preferredKey="GRI-Mech 3.0 - ig.t1" primeID="sm00000006"/>
  <surrogateModelLink preferredKey="GRI-Mech 3.0 - ig.t2" primeID="sm00000007"/>
  <surrogateModelLink preferredKey="GRI-Mech 3.0 - ig.st1a" primeID="sm00000008"/>
  <surrogateModelLink preferredKey="GRI-Mech 3.0 - ig.st1b" primeID="sm00000009"/>
  <surrogateModelLink preferredKey="GRI-Mech 3.0 - ig.st3a" primeID="sm00000010"/>
  <surrogateModelLink preferredKey="GRI-Mech 3.0 - ig.st3b" primeID="sm00000011"/>
  <surrogateModelLink preferredKey="GRI-Mech 3.0 - ig.st4a" primeID="sm00000012"/>
  <surrogateModelLink preferredKey="GRI-Mech 3.0 - ig.st4b" primeID="sm00000013"/>
  <surrogateModelLink preferredKey="GRI-Mech 3.0 - ch3.c1a" primeID="sm00000014"/>
  <surrogateModelLink preferredKey="GRI-Mech 3.0 - ch3.c1b" primeID="sm00000015"/>
  <surrogateModelLink preferredKey="GRI-Mech 3.0 - ch3.t1a" primeID="sm00000016"/>
  <surrogateModelLink preferredKey="GRI-Mech 3.0 - ch3.t1b" primeID="sm00000017"/>
  <surrogateModelLink preferredKey="GRI-Mech 3.0 - ch3.c2" primeID="sm00000018"/>
  <surrogateModelLink preferredKey="GRI-Mech 3.0 - ch3.t2" primeID="sm00000019"/>
  <surrogateModelLink preferredKey="GRI-Mech 3.0 - ch3.c3" primeID="sm00000020"/>
  <surrogateModelLink preferredKey="GRI-Mech 3.0 - ch3.t3" primeID="sm00000021"/>
  </surrogateModelSet>
  </dataset>
  
```

Рисунок 9. Механизм GRI в XML формате

Исходя из общего назначения все обратные задачи, вне зависимости от рассматриваемого физического процесса или технической системы, можно разделить на три класса.

Обратные задачи, возникающие при диагностике и идентификации физических процессов, обычно связаны с экспериментальными исследованиями, когда требуется по некоторым измеренным “выходным” следственным характеристикам восстановить входные данные. Эти задачи первичны как по отношению к прямым задачам, так и по отношению к другим классам обратных задач, поскольку они связаны с построением математических моделей и наделением их количественной информацией.

Обратные задачи, возникающие при проектировании технических объектов, заключаются в определении проектных характеристик (синтезе) технического объекта по заданным показателям качества при соответствующих ограничениях. При этом искомые характеристики являются причинными по отношению к этим показателям и ограничениям.

В обратных задачах, возникающие при управлении процессами и объектами, роль причинных характеристик выполняют управляющие воздействия, вследствие изменения которых реализуется того или иного управления, выражающийся через состояние системы – следствие.

Следует отметить, что между задачами типа диагностики и идентификации и задачами типа проектирования и управления существует принципиальное различие. Для задач проектирования и управления расширение класса допустимых решений обычно упрощает ситуацию, так как требуется найти технически реализуемое решение, обеспечивающее экстремум критерия качества с заданной точностью. А для задач идентификации и диагностики, чем шире класс возможных решений, тем хуже. В частности, больше могут быть погрешности определения причинных характеристик.

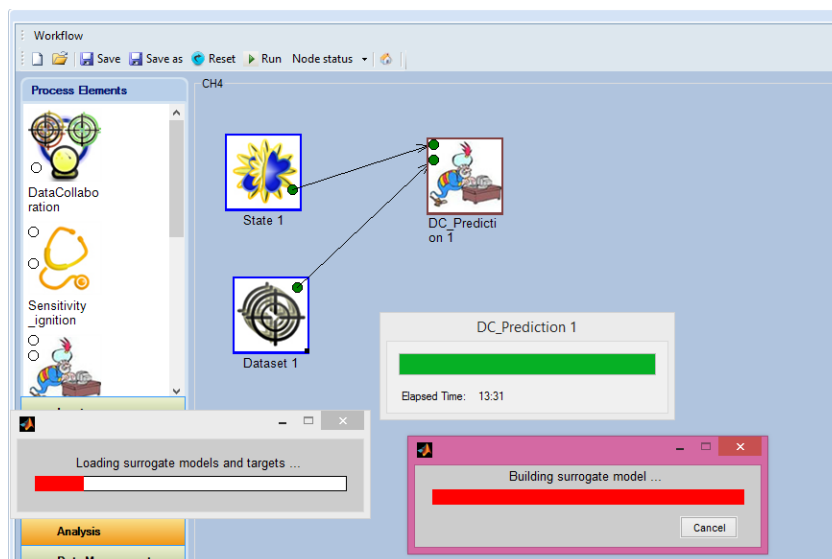


Рисунок 10. Загрузка механизма

Набор данных будет согласованным, если нижняя граница больше или равна нулю и несогласованным – если верхняя граница меньше нуля. Неубедительными, если нижняя граница меньше нуля и верхняя граница больше или равна нулю (Рис.11). Согласованность усиливается, когда нижняя граница становится больше. (Рис.12).

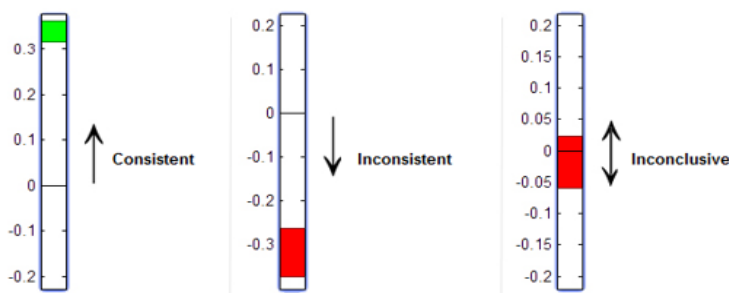


Рисунок 11. Согласованность результата

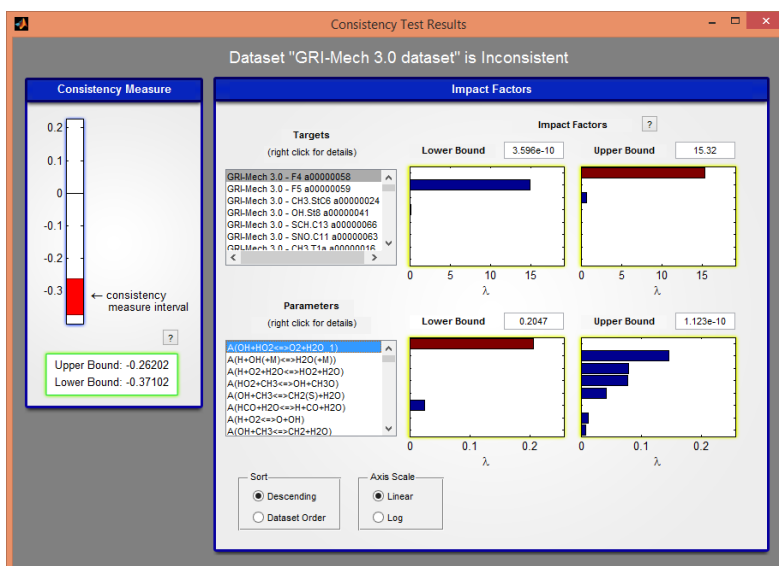


Рисунок 12. Несогласованный GRI 3.0 механизм

Повторный анализ механизма, то есть обратная задача GRI 3.0 механизма показывает, что после исключения некоторых реакции, интервал неопределенности сужается, и согласованность механизма улучшается (Рис. 13) [6].

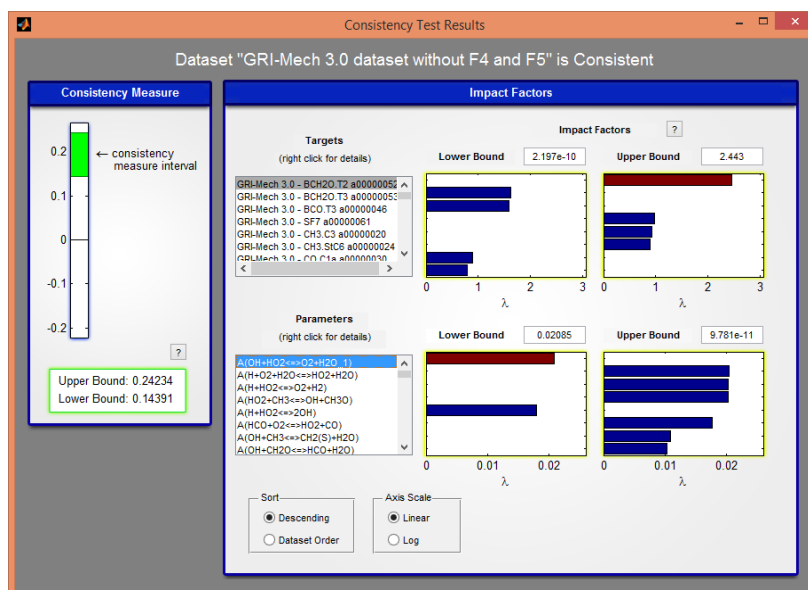


Рисунок 13. GRI 3.0 механизм после повторного анализа

Заключение

Получены расчетные данные для решения тестовых прямой и обратной кинетических задач, и экспериментальные данные переведены в единый формат, принятый в данной системе. Решения обратных задач было проведено в программном комплексе PrIme. В ходе решения задачи для исследования был выбран механизм GRI 3.0 и проведена проверка на согласованность этого механизма с другими механизмами в базе данных PrIme.

В результате проверки выбранный механизм был несогласованным с другими. После анализа результата из механизма были исключены несогласованные реакции и повторно проведен анализ на согласованность полученного механизма. В итоге анализа вышеуказанный механизм принял состояние согласованности. Повторный анализ механизма, то есть обратная задача GRI 3.0 механизма показывает, что после исключения некоторых реакции, интервал неопределенности сужается и согласованность механизма улучшается. В практическом смысле, полученные результаты работы могут быть применены в

области моделирования процессов горения и смежных областях, различных типов суррогатных моделей, использовавшихся в данной предметной области.

Список использованной литературы:

1. Frenklach M. Continued Funding for PrIme Development, Final Technical Report to AFOSR April 18, 2012.
2. Feeley R., Seiler P., Packard A., Frenklach M., Phys J. Chem. A 108 (2004) 9573-9583.
3. Smith G.P., Colden D.M., Frenklach M., et al., GRI-Mech 3.0, 1999. Available at http://www.me.berkeley.edu/gri_mech/.
4. Frenklach M., Djuricic Z., Gutkin M. A new platform for predictive modeling: PrIme, NIST, September 10, 2008.
5. Slavinskaya N. et al., Consistent chemical mechanism from collaborative data processing: H₂/CO mixtures, COST, IV Annual Meeting, September 16-18, 2013, Perugia, Italy.
6. <http://primekinetics.org>

ӘОЖ 539.1:620.4:371.3

МРНТИ 29.03.77

Ә.Қ. Шоқанов¹, Г.А. Құрманбаева², А.Қ. Жумабек³

¹ ф.-м.ғ.к., Абай атындағы ҚазҰПУ, Математика, физика және информатика институтының профессоры, Алматы қ., Қазақстан

^{2,3} Абай атындағы ҚазҰПУ, «Физика» мамандығының магистранты, Алматы қ., Қазақстан

«АТОМДЫҚ ЭНЕРГЕТИКА» ҚОЛДАНБАЛЫ КУРСЫН ОҚЫТУДА ОҚУШЫЛАРДЫҢ ШЫҒАРМАШЫЛЫҚ ҚАБІЛЕТТЕРІН ДАМУ

Аңдатпа

Бүкіл әлем энергия тапшылығынан құтылып, қоршаған ортаны ластамайтын баламалы энергия көздеріне қол жеткізуге кірісіп кетті. Сол энергия көздерінің бірі ретінде атом электр станциясы пайдаланылуда. Атомдық энергетикада адамдардың және қоршаған ортаның қауіпсіздігі жоғары басымдыққа ие. «Атомдық энергетика» қолданбалы курсы қазіргі ядролық энергетиканы дамыту мәселелері мен оның қауіпсіздігін оқыту әдістеріне бағытталған.

Мақалада «Атомдық энергетика» қолданбалы курсына жүзеге асырудың әдістемесі қарастырылған. Оқушылардың атомдық энергетика саласындағы білім-біліктерін тереңдету, энергияны пайдалану және алу туралы білімдерін жүйелеу, сонымен қатар, жеке тұлғаны еңбексүйгіштікке, тапқырлыққа ынталандырып, болашақ мамандығына дұрыс бағдар беру, өз бетінше жұмыс істеу қабілетін арттыру жолдары ұсынылады. Қолданбалы курс барысында өз бетімен ізденіс жұмыстарын жасау, жаңашылдыққа ұмтылу, оқушылардың шығармашылық қабілеттіліктерін дамытады.

Түйін сөздер: энергетика, ядролық отындық цикл, ядролық реакторлар, радиация, иондаушы сәулелер.

Аннотация

А.Қ.Шоқанов¹, Г.А. Құрманбаева², А.Қ. Жумабек³

¹к.ф.-м.н., профессор Института Математики, физики и информатики при КазНПУ им.Абая, г.Алматы, Казахстан

^{2,3} магистрант по специальности «Физика» КазНПУ им. Абая, г. Алматы, Казахстан

РАЗВИТИЕ ТВОРЧЕСКИХ СПОСОБНОСТЕЙ УЧЕНИКОВ В ОБУЧЕНИИ ПРИКЛАДНОГО КУРСА «АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА»

Альтернативные источники энергии имеют большую перспективу. Они не загрязняют окружающую среду, поэтому многие страны мира начали интенсивно использовать их в промышленности и производстве. Так, например, атомная энергетика, являющейся основой альтернативной энергетикой широко внедрена в развитых странах мира. Следовательно, изучение дополнительного курса по физике в школе альтернативных источников энергии является в настоящее время актуальной. Одно из таких направлений альтернативной энергетикой является атомная энергетика.

В статье изложены методические вопросы изучения данного курса. Рассмотрены физические основы атомной энергетикой. Изложены ядерные процессы, происходящие при делении изотопа урана на базе школьной программы физики. Основное внимание уделяется развитию способности, а также на применения полученных знаний на практике. Методические решения этих вопросов позволяют повысить работоспособность, вызывать непосредственный интерес к изучаемой теме, а также развивать творческие способности учащихся.

Ключевые слова: энергетика, ядерно- топливный цикл, ядерные реакторы, радиация, ионизирующие излучения.

Abstract

Shokanov A.K.¹, Kurmanbayeva G.A.², Zhumabek A.K.³

¹Cand. Sci. (Phys.-Math), Professor of the Mathematics, Physics and Informatics Institute at Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

^{2,3}Student of Master Programme in Physics, Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

**DEVELOPMENT OF CREATIVE ABILITIES OF STUDENTS
IN THE APPLIED LEARNING COURSE "NUCLEAR ENERGY"**

Alternative sources of energy have a greater perspective. They do not pollute the environment, so many countries have begun to use them extensively in industry and manufacturing. For example, nuclear power, which is the basis of alternative energy are widely implemented in the developed world. Therefore, the study of additional course in physics at school, alternative sources of energy is now urgent. One such direction of alternative energy is nuclear energy.

The article describes the methodology of the study of this course. The physical basis of nuclear energy. It sets out nuclear processes occurring in the fission of uranium isotopes on the basis of the curriculum of physics. The focus is on the development of skills, as well as to apply the knowledge gained in the practice of students. Guidelines addressing these issues can improve performance, cause a direct interest in the subject under study, allowing students to develop creative skills.

Keywords: energy, nuclear fuel cycle, nuclear reactors, radiation, ionizing radiation.

Энергетика кез келген өндірістің дамуының негізі болып табылады. Қоғамның өркендеу дәрежесі көбінесе энергияның өндірісімен және тұтынылуымен анықталады. Ғалымдардың айтуынша, Қазақстанда жылдан жылға электр энергиясын тұтыну артып келеді, сондықтан 2030 жылға қарай 6600 мегаватт қуаттылығы бар жаңа станциялар қажет болуы мүмкін [5].

Біздің елімізде негізгі энергия көзі ретіндегі ресурстар көмір, мұнай, газ болып саналады. Қазіргі кезде бізде мұнай мен газ қарқынды өндіріліп жатыр. Егер мұнай мен газ өндіру қарқыны осылай жалғаса берсе, онда ол 2020 жылға қарай 120млн. тоннаға жетуі мүмкін, олай болған жағдайда барланған мұнай-газ қоры 60-70 жылға ғана жетеді. Міне, көріп отырғанымыздай бұл ресурстар сарқылатын, орнына қайтып келмейтін ресурстар болып табылады. Сондықтан энергияның басқа көздерін, жаңартылған энергия көздерінигеруді ойластыру керек. Жаңартылған энергия көздерінің ішінде ең тиімдісі – атом энергиясы [4]. Сондықтан қазір осы салаға үлкен көңіл бөлінуде. Азия мемлекеттерінде 60 астам атом электр станциялары салынып жатыр. Біздің елімізде де осы салада көптеген жұмыстар жасалды. Егер дамыған мемлекеттердің энергетика жүйесін қарастырсақ, барлығы да осы мәселені әр уақытта көтеріп энергия тапшылығын атом электр энергиясын көмегімен шешіп отырған. Бізде ресурс байлығы да, дайын мамандар да болғандықтан болашақта басқа алдыңғы қатардағы мемлекеттер сияқты осы жүйе қарқынды дамиды деген үміт бар.

Атом энергиясын алу үшін уран изотоптары қолданылады және ол арзан және көп энергия көзі болып табылады. Себебі, 1 кг байытылған уранның беретін энергиясы 100 тонна жоғары сапалы көмірдің беретін энергиясымен бірдей. Уранды пайдалану арқылы өндірілген энергия жер бетіндегі 75-80% адамзатты қамтамасыз ете алады. Ал, бізде уранның мол қоры бар. Сонымен қатар, мұнай, газ, көмірден энергия алғанда ауаға улы заттар тарайды, ал атом энергиясын өндіргенде ауа ластанбайды. Біздің «жасыл экономикаға» көшуімізге байланысты, бұл жағымды жағдай, сол себепті, атом энергиясын игеру керек.

«Атомдық энергетика» қолданбалы курсы қазіргі ядролық энергетиканың дамыту мәселелері мен оның қауіпсіздігін оқыту әдістеріне арналған.

Курстың тақырыптық-күнтізбелік жоспары мектептің жоғары буын оқушыларына бейіндік оқыту негізінде құрылған. Курс 11 сынып оқушыларын физика пәнінің «Атомдық физика» тарауымен ілесе оқытылады. Курс 11 сыныптарға 1 жылдық оқытуға арналған. Бағдарлама бойынша сағат саны – 34. Аптасына 1 сағат, оқу жоспарына сай оқытылады.

Курс болашақ қызметі энергетикамен, энергетиканың экологиялық мәселелерімен байланысты болып келетін барлық мамандық иелері мен ұстаздарға пайдалы болады деп сенеміз.

Физиканы оқытуда есептер шығару және практикалық жұмыстарды орындау барысында оқушылардың дербестігін дамыту маңызды мәселе болып табылады. Оқушылардың есептерді шеше алу және практикалық жұмысты сауатты орындай алуы оқу материалын терең меңгеру ғана емес, шығармашылық қабілеттілігін арттыра отырып, ғылыми ойлауды қалыптастырады.

Оқушыға белгілі бір көлемдегі білім, білік-дағдыларды меңгертумен бірге табиғат, қоршаған дүние туралы түсініктерін кеңейтіп, оларды шығармашылық бағытта жан-жақты дамыту – бүгінгі күннің талабы [1].

Жалпы білім беру үрдісінде:

– жаңа педагогикалық технологияларды ендіре отырып, оқыту үрдісінде дербестендіру және ізгілендіру, субъект қатынасын қалыптастыру;

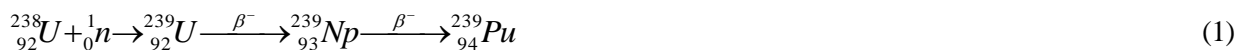
- сабақтағы оқушының шығармашылық ролін аттырып, еркіндігін қамтамасыз ету;
- сол арқылы оқушылардың даралық интеллектуалдық және шығармашылық қабілеттіліктерін, бейімділіктерін ашу және дамыту;

Шығармашылықтың негізгі сипаты соңғы жаратылыстану саласындағы жетістіктерді меңгеру, жаңалықтар ашу, жаңа тәсілдер табуға ұмтылудеп айтуға толық негіз бар [2].

Шығармашылық әрекетке – оқушының проблеманы көре білуі, өз іс-әрекетінің бағдарламасын жасай білуі және ойды іске асыру үшін жаңа идеялар алуы жатады [1]. Курс барысында оқушылардың танымдық, шығармашылық қабілеттіліктерін белсендірудің әр түрлі әдістері пайдаланылады. Соның ішінде практикалық зерттеу жұмысы, зерттеу есептерін шығару, модельдерді ойлап шығару және дайындау.

Қысқаша дәрістер жинағында оқушылардың назарына негізгі энергетикалық ресурстардың түрлері мен олардың сипаттамасы, болашақ энергия өндіруші ресурстар көздері туралы деректер беріледі. Сондықтан мектепте өтетін физика курсының ядролық физика бөлімін өткенде, атом энергетикасы саласына оқушылар үлкен шығармашылықпен қарау керек.

АЭС-да уранның екі түрлі изотопы $^{238}_{92}\text{U}$ және $^{235}_{92}\text{U}$ пайдаланылады. Төмендегі (1) теңдеуде нейтрондардың әсерінен жүретін тізбекті реакция көрсетілген. Біріншісінде ыдырау реакция шапшаң нейтрондар әсерінен болса (2), екіншісінде шабан нейтрондардың әсерінен болады (3). Бұл реакциялар кезінде көп мөлшерде энергия бөлініп шығады.



Уран ядросының ыдырауының бір актісінде толық энергия шығымы шамамен 200 МэВ-ке тең. Мұндай энергияның бөлінуі ядролық отынның химиялық отыннан миллиондаған есе асып түсетін үлкен көлемдегі жылулық қабілетін көрсетеді. Мысалы, 1 МВт/тәул алу үшін 1,05 г $^{235}_{92}\text{U}$ шығындалады. Екінші реттік нейтрондар тізбекті реакцияны ұстап тұрады. $^{235}_{92}\text{U}$ бөлінгендегі босатылған жалпы энергия 195 МэВ-ке тең. Энергияның бөлінуі төмендегі кестеден көрсетілген.

Кесте1. Жылулық нейтрондармен босатылған уран энергиясының бөлінуі

Энергия түрлері	МэВ	%
Кинетикалық(ыдырау болшектері)	162	83
Кинетикалық (нейтрондардың)	6	3,1
Бөліну кезіндегі γ -сәулеленуі	6	3,1
Бөлу өнімдерінің γ -сәулеленуі	5	2,6
Бөлу өнімдерінің β – шашырауы	5	2,6
β -шашырауменбайланысқан нейтрино	11	5,6
Барлығы	195	100

АЭС-тың жұмыс істеу принципі келесідей: жылу, радиоактивті заттарды(уран, плутоний, торий), реактордың активті зонасында қыздырып, оның ыдырауына әкеледі. Бұл кезде ядролық отыннан жылу бөлінеді. Бұл жылу тасымалдайтын тұйық жүйе бірінші контур деп аталынады. Бірінші контурдың жылу алмастырғыштарындағы жылу екінші контурдағы судың қайнауына әкеледі. Судың қайнауының салдарынан бу пайда болады. Бұды турбинаға жіберу арқылы электр тоғын өндіреді немесе үлкен ғимараттарды жылытуға жұмсалады. Бұл атомдық электростанцияның басқалардан ерекшелігі ол суды бұға айналдырады, бұл бу электроэнергияны алуға қолданылады. Реакторда ядролық реакция жүреді. Реакция жүрген кезде қуатты арнайы стерженьдер реттеп отырады, олар нейтрондардың белгілі бір мөлшерін ұстап қалады. Реактордың активті зонасында стерженьдердің ену тереңдігі артқан сайын ол нейтрондарды соншалықты аз жұтады. Бұл нейтрондар реакцияны жылдамдатып, жылудың бөлінуін көбейтеді. Ал, төтенше жағдайларда керісінше стерженьдер активті зонаға енеді де ядролық реакцияның толығымен тоқтауына әкеледі [5].

Жүйелі түрде атом энергетикасы тақырыбы саласында есептер шығару және ғылыми шығармашылық ізденісте болу (қолданбалы курс барысында жасалатын жобалар, модельдер) оқушыларды еңбекорлыққа, тұрақтылыққа, мақсатқа ұмтылғыштыққа тәрбиелейді және олардың білім-білік дағдыларын бақылаудың құралы болып табылады.

Бұл *курсты оқытудың басты мақсаты* – практикалық энергетиканың іргетасын қалап, оның дәл ғылымдармен байланысын нығайта түсу. Энергияны пайдалану және алу туралы білімдерін тереңдету, жүйелеу сонымен қатар, оны ғылыми-зерттеу және дамыту қызметінде қолдануына ықпал жасау.

Оқушының шығармашылық қабілетін дамыту, жеке тұлғаны білімділікке және ізденімпаздыққа, тапқырлыққа ынталандырып, болашақ мамандығына дұрыс бағдар беру, өз бетінше жұмыс істеу қабілетін арттыру.

Курсты оқытудың міндеттері:

– оқушылардың шығармашылық қабілеттіліктерін дамыту, физика ғылымына деген танымдық қызығушылығының қалыптасуына әсер ету;

– оқушылардың зияткерлік құзыреттілігін дамыту, ғылыми және практикалық жұмыстар жүргізу біліктілігін қалыптастыру;

– анықтама және ғылыми-танымдық әдебиеттермен, әр түрлі ақпарат көздерімен, жаңа ақпараттық технология құралдарымен жұмыс істеу дағдысын жетілдіру;

– бақылаулар жүргізу, экспериментті жоспарлау және орындау, экспериментальдық фактілерді түсіндіруге модельдер жасау біліктілігін игеру;

– пән бойынша игерген білімдерімен әртүрлі ақпарат құралдарынан алынған мәліметтерді өнеркәсіптің қоршаған ортаға тигізетін ықпалын бағалау үшін қолдана білуге баулу.

Қазіргі күнде шәкірттеріміз заман талап етіп жатқан пайдалы, беделді мамандықты таңдайды, белгілі бір оқу саласына түсіп, оны бітіріп, белгілі маман болуды қалайды. Сол үшін мектеп қабырғасында мамандыққа дұрыс бағыт сілтенуі керек деп санаймыз. Сондықтан оқушының кәсіби бағдарлануы бүгінгі күннің өзекті мәселесі болып отыр. Мамандықты дұрыс таңдауда мектептегі берілетін пән негіздерімен қоса қолданбалы курстардың да әсері бар.

Ұсынылып отырған қолданбалы курста кәсіпте бағдарлау: бұл курс политехникалық барлық мамандықтар үшін қажет.

11 сыныпта «Атомдық энергетика» тақырыбына арналған қолданбалы курс бағдарламасы

I. Электр энергиясын өндіру жолдары

Энергетикалық ресурстардың территориялық орналасуы. Отын энергетикасы және оны пайдалану. Жылулық энергетика. Жылу қозғалтқыштары. Су энергиясы және оны пайдалану. Су электр станциясының энергиясы. Желэлектр станциясы. Күнэлектр станциясы.

II. Атомдық энергетика және атом электр станциялары

Ядролық отын. Ядролық отындық циклі. Ядролық реакторларды жіктеу. Жылулық нейтрондық энергетикалық реакторлар. Жылдам нейтрондағы реакторлар. АЭС реакторларына қойылатын негізгі талаптар. АЭС тарихы. АЭС жіктеу және жұмыс істеу принципі. Термоядролық реакция түсінігі. Реакторлық қондырғылардағы жағдайлардың халықаралық шкаласы. Реакторлық қондырғыдағы апаттар [6].

III. Қазақстандағы атомдық энергетиканың дамуы

Атом энергетикасын дамытудың алғышарттары. Атом энергетикасын қолға алуда әсер етуші ішкі факторлар. Атомдық энергетиканы Қазақстанда дамыту мәселелері.

IV. Атом өндірісінде қауіпсіздікті қамтамасыз ету

Техникалық және ядролық қауіпсіздік. Радиациялық және экологиялық қауіпсіздік. Радиация және оның түрлері. Иондаушы сәулелер көздері. Иондаушы сәулелердің тірі ағзамен өзара әсерлесуі. Сәулеленудің генетикалық әсері. Радиоактивті сәулелердің биологиялық жүйелерге әсері. Адам мүшелеріне сәулеленудің физиологиялық әсері, шекті рұқсат етілген дозалар. Сәулеленуден қорғану, қорғану әдістері. Дозиметриялық құралдар [3].

Әр тарау соңында конференция, дөңгелек үстел, пікір-талас сабақтармен қорытындыланып отырады.

Қолданбалы курс барысында жасалынатын практикалық зерттеу жұмыстары мен жобалар: энергетикалық ресурстар картасын салу, оттегіде жануды бақылау, жылу қозғалтқышының үлгісін жасау, төрт тактілі іштен жану қозғалтқышының жұмыс істеуі және құрылысын демонстрациялау, бу турбинасының үлгісін дайындау, СЭС жобасын жасау (плакат), желбағар (флюгер) дайындау, жарық және қараңғы беттерде Күн энергиясының сәулеленуі және жұтылу құбылыстарын зерттеу, ядролардың соқтығысу процесін ДК-да модельдеу, реактор макетін компьютерлік модельдеу, АЭС-мен тұтынушы арасындағы байланыс сызбасын келтіру, ядролардың бөлінуінің тізбекті реакциясын ДК-да модельдеу.

Күтілетін нәтижелер:

Курсты оқытудың соңында оқушылар атом энергетикасы саласындағы:

- Физика заңдарының практикалық қолданыстарын түсініп, игере білу;
- Есептер шығарған кезде сызбада берілген шамаларды, олардың арасындағы тәуелділікті дұрыс тауып анықтай білу;
- Физика пәнінен меңгерген білім, іскерлік дағдыларын басқа пәндерден алған білімдерімен ұштастыра білу;
- Зерттеу әдістерін жоспарлай білу, эксперименттік фактілер және сәйкес кестелермен статистикалық мәліметтер негізінде қорытындылар жасау, іздену және зерттеу жұмыстарының нәтижелерін дайындай білу;
- Электрондық оқу құралдарын тиімді пайдалана білу сияқты нәтижелерге қол жеткізуге тиіс.

«Атомдық энергетика» колданбалы курсы есептер шығару және практикалық зерттеу жұмыстарын біріктіру мақсатында жасалып отыр. Курс физикалық құбылыстар, заңдар мен теориялар, физикалық теорияның практикалық қолданылуымен, физикада қолданылатын зерттеу әдістерімен таныс 11 сынып оқушыларына арналған.

Оқушының шығармашылық қабілеті практикалық әрекеттері, ізденімпаздығы арқылы дамиды. Шығармашылыққа үйрететін сабақтар – жаңа технологияларды қолдану болып табылады. Мұндай сабақтарда оқушыға ерекше ахуал, мұғалім мен оқушы арасында ынтымақтастық қабілет қалыптасады. Мұғалім бұл жағдайда білімді түсіндіріп қоюшы, бақылаушы емес, бағалаушы емес, танымдық іс-әрекетін ұйымдастыратын, ұжымдық, шығармашылық істердің ұйытқысы. Тек осындай оқыту ғана оқушы интеллектісінің көзін ашып, шығармашылығын дамытады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. Бексұлтанова Н. Оқушылардың шығармашылық қабілеттерін арттыру. Бастауыш мектеп. 2007. №5-6. – 31-33 б.
2. Алыбаева А. Оқушылардың шығармашылық қабілетін дамыту. Бастауыш мектеп. 2009. №11. – 19-20 б.
3. Әлімбаева Г.Б. Атомдық физика және радиоактивті сәулелену. – Алматы: Литера, 2002. - 58, 106, 114 б.
4. Хожин Г.Х. Электрэнергетика. – Алматы: ҚР-ның Жоғары оқу орындарының қауымдастығы, 2011. – 245 б.
5. Даукеев Г.Ж. Актуальные проблемы обеспечения энергетической безопасности Казахстана. – Алматы, энергетика және байланыс институтының хабаршысы. - 2008. - № 1. - 23-27 б.
6. Даукеев Г.Ж. Энергетика Казахстана на современном этапе: факторы устойчивого развития. – Алматы, энергетика және байланыс университетінің хабаршысы. - 2012. - №1. – 6 б.

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

УДК 519.872
ГРНТИ 28.29.07

А.Ж. Алматов¹, К.А. Айдаров²

¹ студент 4 курса специальности «Информатика» Казахского Национального университета им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

² старший преподаватель кафедры информатики Казахского Национального университета им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ АЛГОРИТМОВ БАЛАНСИРОВКИ НАГРУЗКИ И ИХ
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧЕРЕЗ МОДЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Аннотация

Данная работа описывает алгоритмы балансировки входящей нагрузки, представленной в виде непрерывного потока запросов на обработку, для внешних сервисов с неспециализированными клиентами. Простейший пример такого сервиса и клиента – это веб-сервер и браузер. В статье рассмотрены непосредственно принципы балансировки, их достоинства и недостатки, описана их реализация и применимость к различным сервисам. Исследованы алгоритмы балансировки нагрузки для методов DNS Round Robin, Direct Routing, Редирект.

Для проектирования и дальнейшей реализации алгоритмов был применен подход модельно-ориентированного проектирования для автоматического назначения программных задач процессорам / ядрам серверной системы, основанном на анализе изученных алгоритмов. Был описан общий итеративный метод для поиска размещения, который максимизирует ключевые аспекты производительности, через применение DNS Round Robin, при этом удовлетворяя данные ограничения размещения. Метод спроектирован через инструмент Mathworks Simulink, с акцентом на определенные аспекты производительности, сбалансированной вычислительной нагрузки по времени и количеству процессов.

Ключевые слова: балансировка нагрузки, дискретно-событийное моделирование, модельно-ориентированное проектирование, вероятностное моделирование.

Аңдатпа

А.Ж. Алматов¹, К.А. Айдаров²

¹ ал-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, «Информатика» мамандығының 4 курс студенті, Алматы қ., Қазақстан

² ал-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Информатика кафедрасының аға оқытушысы, Алматы қ., Қазақстан

**ЗАМАНАУИ ЖҮКТЕУДІ БАЛАНСТАУ АЛГОРИТМДЕРІН ТАЛДАУ ЖӘНЕ
ОЛАРДЫ МОДЕЛЬГЕ БАҒЫТТАЛҒАН ЖОБАЛАУ АРҚЫЛЫ МОДЕЛЬДЕУ**

Берілген жұмыс арнайы емес клиенттері бар сырттай қызметтерге арналған, өңдеуге жіберілген үзіліссіз сұраныстар ағыны түріндегі кіріс жүктеуін баланстау алгоритмдерін сипаттайды. Мұндай клиенттік қызметтің ең қарапайым мысалы ретінде веб-серверді немесе браузерді алуға болады. Мақалада баланстау принциптері, олардың артықшылықтары мен кемшіліктері қарастырылған, олардың әртүрлі қызметтерге қолданылуы мен жүзеге асырылуы сипатталған. DNS Round Robin, Direct Routing, редирект әдістеріне арналған баланстау алгоритмдері зерттелген.

Алгоритмдерді жобалау және одан әрі жүзеге асыру үшін серверлік жүйенің процессорлары/ядроларына программалық тапсырмаларды автоматты тағайындауға зерттелген алгоритмдердің талдауына негізделген модельге бағытталған жобалау әдісі қолданылды. DNS Round Robin әдісін қолдану арқылы өнімділіктің маңызды аспектілерін жоғарылататындай іздеуді орналастыруға арналған жалпы итеративті әдіс сипатталған. Ол берілген орналастыру шектеулерін қанағаттандырады.

Әдіс Mathworks Simulink құралы арқылы, уақыт және процестер саны бойынша балансталған жүктеуге, өнімділіктің нақты аспектілеріне назар аударып, жобаланған.

Түйінді сөздер: жүктеуді баланстау, дискретті-оқиғалы модельдеу, модельге бағытталған жобалау, ықтималдық модельдеу.

Abstract

Almatov A.Zh.¹, Aidarov K.A.²

¹BCS student at al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Senior Lecturer at the Department of Computer Science, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

MODERN LOAD BALANCING ALGORITHMS ANALYSIS AND THEIR SIMULATION WITH MODEL BASED DESIGN

Given work describes incoming load balancing algorithms, represented as a continuous stream of requests sent to processing, for external services with unspecified clients. Simplest example of such service is a pair of a web server and a browser. Principles of load balancing, their advantages and disadvantages are considered, and their implementation and applicability to different services described. Algorithms of load balancing for DNS Round Robin, Direct Routing, Redirect methods are studied.

For design and further implementation of algorithms model based design approach applied for automatic allocation of program tasks to processors / cores of server system, based on analysis of studied algorithms. General iterative method for search of allocation maximizing key performance aspects through DNS Round Robin satisfying given allocation limits. Method designed with Mathworks Simulink instrument focusing on certain performance features of balanced computational load by time and number of processes.

Keywords: load balancing, discrete-event simulation, model based design, probabilistic modeling.

Во многих интернет-проектах, веб-сервер работает на одном физическом сервере. Постепенно достигается лимит производительности одного сервера. Самое очевидное решение в данном случае – это обновление оборудования. Но если пойти по этому пути, то через некоторое время обновлять оборудование будет просто-напросто не на что. Поэтому, нужно каким-то образом кластеризовать проект. Тема кластеризации выходит за рамки данной работы и описана подробно в [1].

Теперь встает вопрос распределения нагрузки между серверами. На этом этапе необходимо использовать балансировку. Кроме непосредственного распределения нагрузки нужно решить еще ряд задач. К ним можно отнести повышение отказоустойчивости (то есть бесперебойную работу проекта при выходе из строя одного из серверов) и защиту от некоторых типов атак. Например, от открытия большого числа «пустых» соединений, где ничего не передается.

Были рассмотрены три алгоритма реализующие методы балансировки нагрузки, а затем промоделированы с помощью технологии модельно-ориентированного проектирования.

Разработка на основе модели становится все более и более популярным направлением в разработке программного обеспечения для кластеризации ресурсов. На сайтах производителей программных инструментов можно найти много историй успеха, отчетов о повышении эффективности до 50%, значительного сокращения ошибок в разработке и более быстрое повышение уровня зрелости разработанных функций как раз из-за разработки на основе моделей [2].

Как промежуточный результат проведения работы, на данный момент, получена реализация моделирования для одного из трех методов: DNSRoundRobin.

1. DNS Round Robin

Самый простой метод балансировки – это использование алгоритма DNS Round Robin [3]. Суть его в том, что создается несколько DNS-записей типа A для записи домена на DNS-сервере. DNS-сервер выдает записи типа A в чередующемся циклическом порядке (рис. 1).

Достоинства метода:

- Он абсолютно не зависит от протокола высокого уровня. То есть для этого метода может использоваться любой протокол, где обращение к серверу идет по имени;
- Метод не зависит от нагрузки на сервер. Благодаря тому, что есть кэширующие DNS-сервера, нам все равно, сколько у нас будет клиентов – хоть единицы, хоть миллионы;
- Метод не требует связи между серверами. Поэтому он может использоваться как для локальной балансировки (это балансировка серверов внутри одного дата-центра, скажем), так и для глобальной балансировки, когда у нас есть несколько дата-центров, где сервера между собой почти никак не связаны;
- Основное преимущество этого метода – это низкая стоимость решения. Если у нас есть проект, домен, DNS-сервер, то нам нужно всего лишь добавить еще записей в DNS, чтобы перейти к этому методу балансировки.

Недостатки метода:

- Сложно отключать серверы, которые не отвечают или вышли из строя. В DNS существует кэширование. Запись убрали, а клиенты перестанут пользоваться ей только спустя время, которое задается параметром TTL (Time To Live) в DNS-зоне. К тому же у некоторых провайдеров есть DNS-серверы, которые принудительно кэшируют записи на гораздо более долгое время. Мы сталкивались даже с ситуацией, когда запись была убрана из DNS, а клиенты по ней еще год продолжали заходить;

– Очень сложно распределять нагрузку между серверами в нужной пропорции. Единственный способ – это предусмотреть для каждого сервера по несколько IP-адресов так, чтобы их количество было пропорционально той части нагрузки, которая должна на них идти. Это является тоже недостатком, так как IP-адресов у нас обычно не очень много.

2. DirectRouting

На балансировщик, имеющий некоторый IP-адрес и отвечающий на ARP, приходит, первый пакет соединения. Определяется, что он первый. Нужным алгоритмом он отправляется на нужный сервер, меняя MAC-адрес на место назначения (destination address). Затем IP-адрес записывается в некоторую таблицу соединений.

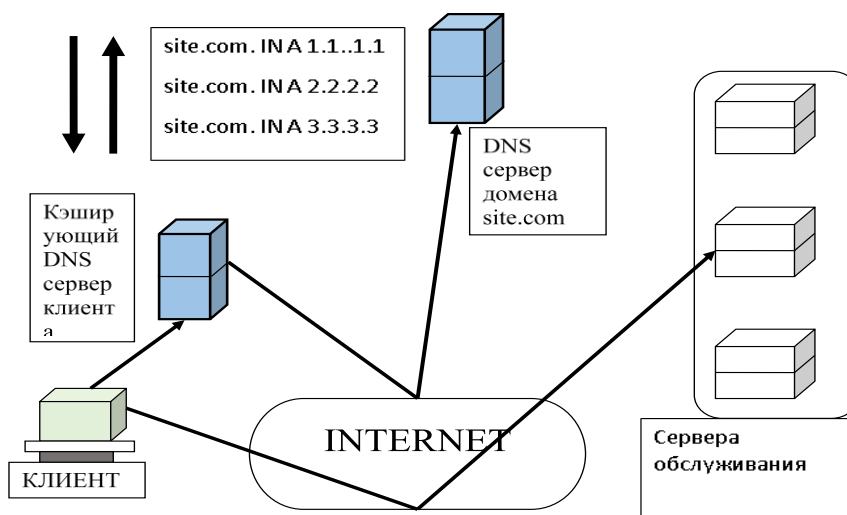


Рисунок 1. Балансировка нагрузки методом DNS Round Robin

Если это не первый пакет, то просто идет поиск по таблице соединений. Выясняется каким сервером обрабатывается это соединение, и пакет отправляется туда. Самое распространенное сейчас решение из программных реализаций данного метода называется Linux Virtual Server. В URL-терминологии данный метод балансировки называется прямой маршрутизацией (Direct Routing, рис.2).

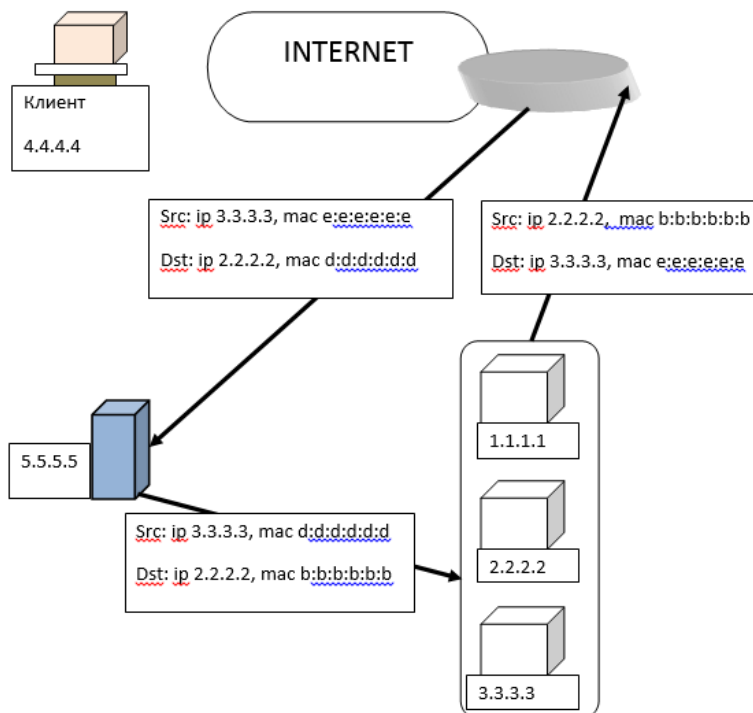


Рисунок 2. Балансировка нагрузки методом DirectRouting

Достоинства метода:

- Независимость от протокола высокого уровня. Можно балансировать HTTP, FTP или SMTP – разницы не будет;
- Есть метод балансировки без выделенного балансировщика. При небольшом количестве серверов это может быть актуально;
- Есть возможность посылать ответы мимо балансировщика. Учитывая, что, например, в протоколе HTTP размер ответа обычно на порядок больше, чем размер запроса, то идет довольно сильная экономия ресурсов;
- Относительно малое потребление ресурсов.

Недостатки метода:

Очевидный недостаток этого метода – то, что все серверы должны находиться в одном и том же сегменте сети. Необходима специфическая настройка серверов и сетевого оборудования. Поэтому этот метод не всегда удобен и применим.

3. Редирект

Есть некоторый балансировщик, который при обращении к сервису (например, <http://site.com>) дает клиенту редирект на конкретный сервер (например, <http://server2.site.com>). В случае HTTP это будет выглядеть как «HTTP redirect 302». Таким образом, код редиректа будет выглядеть как «временно перемещено» (moved temporary, рис. 3).

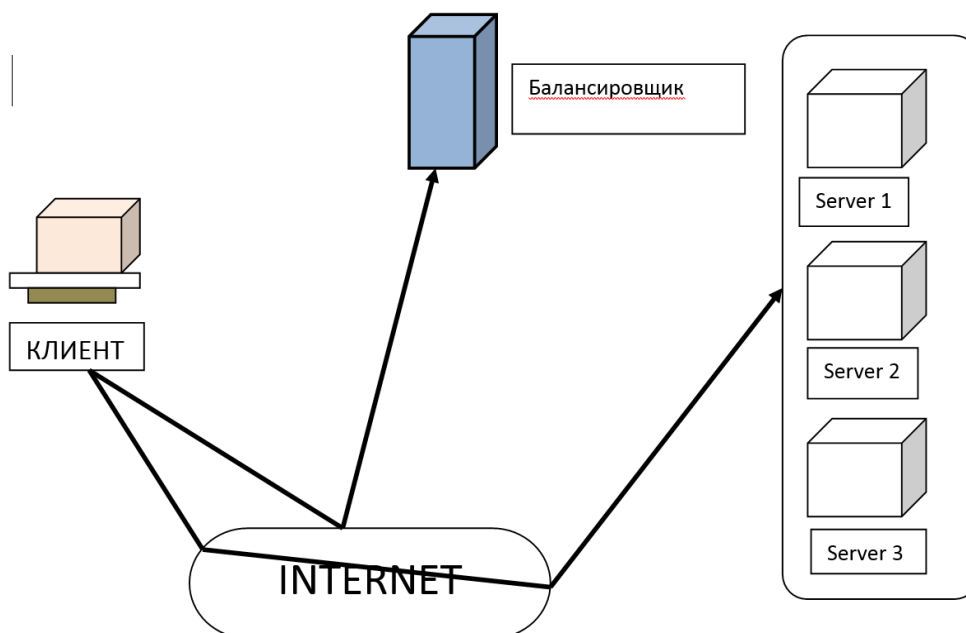


Рисунок 3. Балансировка нагрузки методом редиректа

Достоинства метода:

- Если запросы достаточно «тяжелые», то иногда имеет смысл использовать редирект даже для глобальной балансировки. У нас есть балансировщик, который с помощью редиректов отправляет запросы на обработку в разные дата-центры;
- Метод также позволяет распределять разные типы запросов по разным серверам. Запросы вполне могут быть проанализированы.

Недостатки метода:

- Он, как уже было сказано, применим к очень малому числу протоколов высокого уровня;
- Для клиента на каждый запрос, получается, делается два запроса. Один – к нашему редиректору, второй – к серверу, который обрабатывает соединение. Это увеличивает время, через которое клиент получит окончательный ответ на свой запрос.

Аналитическое представление алгоритмов было реализовано в виде моделей модельно-ориентированного проектирования с целью дальнейшей верификацией алгоритмов. Для этой цели был

использован инструмент модельно-ориентированного проектирования Mathworks Simulink [4].

Фреймворк SimEvents [5] в составе Simulink разработан для визуального моделирования процессов с дискретно-событийной семантикой, в том числе, позволяет моделировать поведение мультипроцессорной / мультитядерной системы с неустойчивыми ресурсами. Данный фреймворк позволяет моделировать эффекты планирования (задержки и т.п.) и исследовать область проектирования запущенной задачи с помощью анализа влияния решений, принятых при планировании на производительность дизайна управления. Фреймворк предоставляет алгоритмы управления и делает возможным плавный переход к реализации алгоритма от модели через технологию автоматической генерации кода.

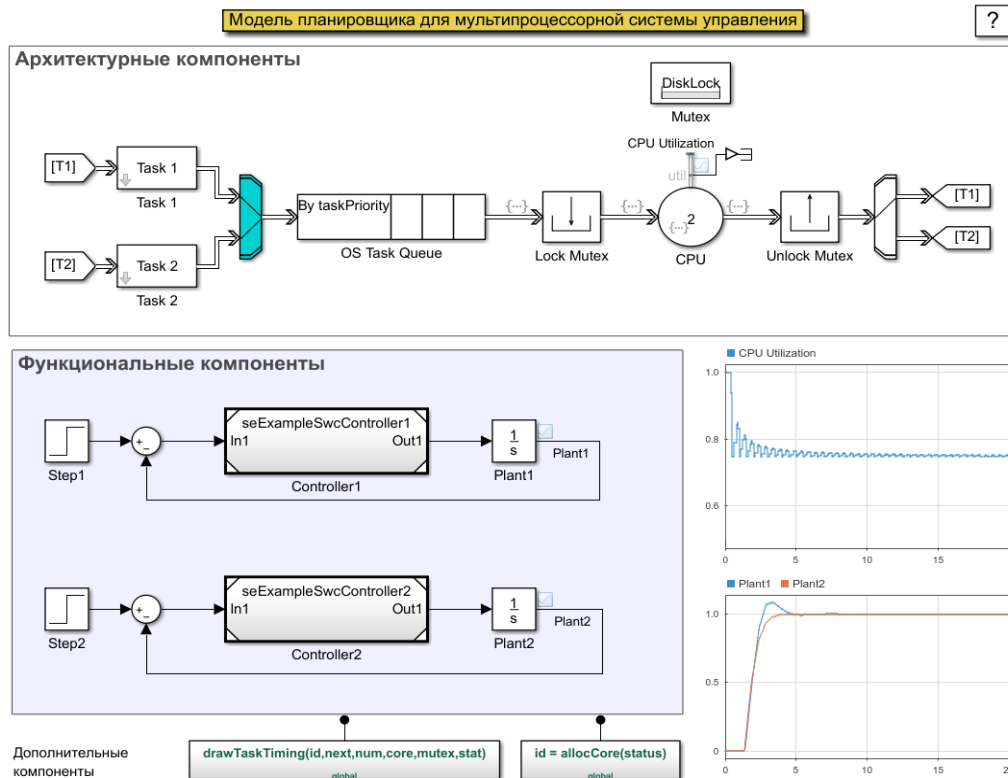


Рисунок 4. Модель планировщика для мультипроцессорной / мультитядерной системы управления

На рис.4 показана модель Simulink с использованием фреймворка SimEvents, содержащая блок архитектурных компонент и блок функциональных компонент. Планировщик неявно подразумевает наличие определения задания (Task), которое является задачей, выполняющейся в реальном времени со следующими атрибутами: идентификатор, период, приоритет, сегменты (подзадачи). Планировщик моделирует гомогенную мультипроцессорную систему и определяется следующими свойствами: количество процессов, политика планирования, взаимоисключающие ресурсы. Реализация архитектурного блока планировщика построена на высокоуровневом дискретно-событийном языке, поддерживаемом Simulink. В свою очередь, данный язык полагается на интерпретатор MATLAB, который позволяет реализовать собственные политики планирования времени процессоров, что и было сделано, т.е. реализация стандартной политики планирования была заменена. В нашем случае это были реализации первого из 3-х алгоритмов, описанных выше, на языке MATLAB.

На рис. 5 показан результат моделирования алгоритма DNS Round Robin с помощью инструмента Mathworks Simulink, в частности фреймворка SimEvents в его составе. Предполагается что оба процессора получили задания одновременно и оперируют, полагаясь на приоритеты поступающих задач. Так как у второго задания (Task 2 – красный (верхний) на рисунке) больший приоритет он размещен на первом процессоре (Core 1). При этом сегменты второго задания всегда размещаются перед размещением сегментов первого задания (Task 1).

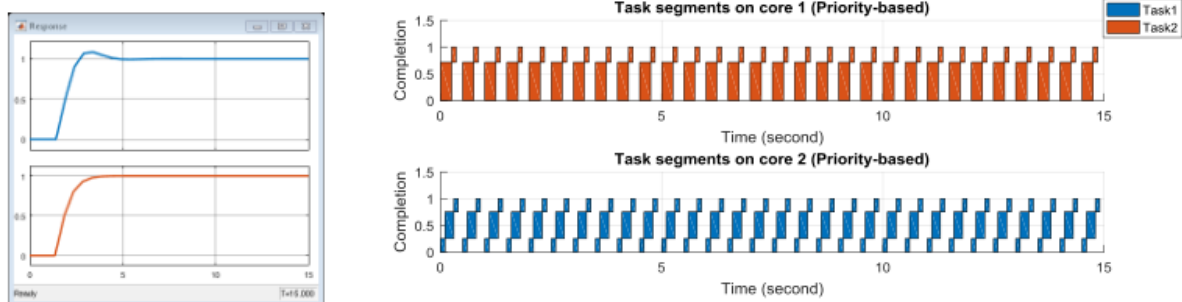


Рисунок 5. Результат моделирования и оценка производительности модели (для 2-х процессов) для метода DNSRoundRobin

Таким образом, были рассмотрены распространенные программные алгоритмы балансировки, которые часто применяются для решения задачи распределения нагрузки в серверах, сайтах и т.д. В традиционных веб серверных архитектурах DNS балансировщик распределяет запросы к серверу основываясь на их статусе загруженности. Так как веб-серверы обязаны информировать DNS серверы об их статусе загрузки время от времени, так называемый буфер загрузки часто занят для уменьшения частоты обновлений. Без должного внимания, чрезмерное использование буфера загрузки может привести к избыточной осциляции внутри кластера. Все три рассмотренных метода помогают уменьшению эффекта осциляции на веб-серверах, что было проверено через реализацию их моделей с помощью модельно-ориентированного проектирования.

Список использованной литературы

1. Schroeder T., Goddard S., Ramamurthy B. Scalable Web server clustering technologies // *IEEE Network*. Volume: 14, Issue 3, May/June 2000. – pp. 38-45.
2. Paterno F. *Model-Based Design and Evaluation of Interactive Applications*. – Springer-Verlag London, UK, 1999. – 193 p.
3. Borkar G.M., Pund M.A., Jawade P. Implementation of Round Robin Policy in DNS for Thresholding of Distributed Web Server System // *International Conference and Workshop on Emerging Trends in Technology (ICWET 2011)*. TCET, Mumbai, India. February 25 - 26, 2011. – pp. 198-201.
4. MathWorks, *Simulink User's Guide*. The MathWorks Inc., Natick, MA, USA, 2016. – 3290p.
5. MathWorks, *SimEvents User's Guide*. The MathWorks Inc., Natick, MA, USA, 2016. – 208p.

УДК 004.932

ГРНТИ 28.23.15

Ж.Р. Абдукаримов¹, К.А. Айдаров²

¹ студент 4 курса специальности «Информатика» Казахского Национального университета им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

² старший преподаватель кафедры информатики Казахского Национального университета им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

МОДЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ВЫДЕЛЕНИЯ КОНТУРОВ С РЕАЛИЗАЦИЕЙ ДЛЯ ПЛВМ

Аннотация

В данной работе рассматриваются методы обработки сигналов с целью написания алгоритма выделения контуров изображения и его дальнейшей реализации для устройств программируемых логических вентильных массивов (ПЛВМ). Объектом изучения являются способы обработки и анализа цифрового изображения или видео, а предметом возможно считать цифровое изображение или потоковое видео, содержащее высочайшие пространственные частоты. Были рассмотрены методы Робертса, Собеля, Превитта, Кирша, Магг-Хилдретх. Указанные методы основываются на ключевом свойстве цифрового сигнала – разрывности. Была спроектирована модель, реализующая алгоритм Собеля с помощью инструмента модельно-ориентированного проектирования на основе пакета Mathworks Simulink. Построенная модель может быть адаптирована под другие аналогичные алгоритмы выделения контуров, а также преобразована в исполняемый на ПЛВМ код с помощью встроенного инструмента Mathworks HDL Coder.

Ключевые слова: выделение границ, метод Робертса, метод Собеля, метод Превитта, метод Кирша, метод Магг-Хилдретх, модельно-ориентированное проектирование, обработка сигналов.

Аңдатпа

Ж.Р. Абдукаримов¹, К.А. Айдаров²

¹ Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, «Информатика» мамандығының 4 курс студенті, Алматы қ., Қазақстан

² Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Информатика кафедрасының аға оқытушысы, Алматы қ., Қазақстан

БЛВМ-ДЕ ОРЫНДАЛАТЫН КОНТУРЛАРДЫ ЕРЕКШЕЛЕУ АЛГОРИТМДЕРІН МОДЕЛЬГЕ БАҒЫТТАЛҒАН ЖОБАЛАУ

Ұсынылып отырған жұмыста кескіннің контурларын ерекшелеру алгоритмін жазу үшін сигналдарды өңдеу әдістері қарастырылады. Ары қарай олардың программалық логикалық вентильді массивтер (БЛВМ) негізіндегі құрылғылардағы орындалуы қарастырылған. Сандық бейнені өңдеу және талдау әдістері зерттеу объектісі болып табылады. Кеңістіктегі жоғары жиілікті сандық бейне немесе ағындық видео зерттеу пәні болып табылады. Робертс, Собель, Превитт, Кирш, Marr-Hildreth әдістері қарастырылған. Бұл әдістер сандық бейненің ең маңызды қасиеті – үзілулікке негізделген. Mathworks Simulink пакеті негізіндегі модельге бағытталған жобалау құралының көмегімен Собель алгоритмін жүзеге асыратын модель жобаланған. Құрылған модель контурларды ерекшелеудің басқа ұқсас алгоритмдеріне де бейімделуі мүмкін. Сонымен қатар, БЛВМ-де орнатылған Mathworks HDL Coder құралының көмегімен орындалатын кодқа түрлендірілді.

Түйінді сөздер: шекараларды ерекшелеу, Робертс әдісі, Собель әдісі, Превитт әдісі, Кирш әдісі, Marr-Hildreth әдісі, модельге бағытталған жобалау, сигналдарды өңдеу.

Abstract

Abdukarimov Zh.R.¹, Aidarov K.A.²

¹BCS student at al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Senior Lecturer at the Department of Computer Science, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

MODEL BASED DESIGN OF EDGE DETECTION ALGORITHMS WITH IMPLEMENTATION FOR FPGA

Given paper consider signal processing methods in order to write image edge detection algorithm and further implement it on field programmable gate array (FPGA) devices. Objects of study are methods of processing and analysis of digital image or video and as a subject of study can be considered digital image and streaming video containing highest spatial frequencies. Methods studied for edge detection are Roberts, Sobel, Prewitt, Kirsch, Marr-Hildreth. Mentioned methods based on foundational property of digital signal called gradient. A model was designed which implements Sobel algorithm using model based design based on Mathworks Simulink package. Given model can be adapted for other similar algorithms of edge detection as well as transformed into executable on FPGA code with help of Mathworks HDL Coder embedded tool.

Keywords: edge detection, Roberts edge detector, Sobel edge detector, Prewitt edge detector, Kirsch edge detector, Marr-Hildreth edge detector, model based design, probabilistic modeling.

Определение краев изображения является начальным шагом во многих приложениях компьютерного зрения. Это свойство значительно уменьшает количество данных и отфильтровывает ненужную или незначительную информацию, а также дает значительную информацию об изображении. Данная информация используется в обработке изображения для определения объектов, в которых есть проблемы, такие как, ложные границы, отсутствующие или и низкоконтрастные пределы, проблемы с шумами и т.д.

Одной из методик определения краев изображения считается разведка точек, в частности определение контуров изображения. Объектом предоставленного изучения являются способы обработки и анализа цифрового изображения, а предметом возможно считать цифровое изображение, содержащее высочайшие пространственные частоты. В данной работе были исследованы наиболее распространенные на данный момент алгоритмы выделения контуров изображения [1].

Оператор Робертса

Данный способ делает обычные и резвые вычисления двумерного пространственного измерения на изображении. Данный способ акцентирует внимание области высочайшей пространственной частоты, которые нередко отвечают краям. На вход оператора сервируется полутоновое изображение. Смысл пикселей выходного изображения во всякой точке подразумевает некоторое значение пространственного градиента входного изображения в данной же точке.

1	0
0	1

G_x

0	-1
+1	0

G_y

Рисунок 1. Маски оператора Робертса

Оператор Собеля

Этот способ обнаружения пределов пользуется приближением к производной [2-4]. Это разрешает показывать край в тех пространствах, где градиент самый возвышенный. Этот метод обнаруживает численность градиентов на изображении, что, наиболее подчеркивает области с высочайшей пространственной частотой, которые отвечают границам. В целом это привело к нахождению допустимой безоговорочной величине градиента во всякой точке входного изображения. Этот оператор произведено из 2-х матриц, размером 3×3. Вторая матрица отличается от первой лишь только тем, собственно, что повернута на 90 градусов. Это аналогично и для оператора Робертса.

-1	-2	-1
0	0	0
+1	+2	+1

 G_x

-1	0	-1
-2	0	+2
-1	0	+1

 G_y

Рисунок 2. Маски оператора Собеля

Обнаружение пределов предыдущим способом вычислительно значительно легче, чем способом Собеля, но приводит к большей зашумленности результирующего изображения [5].

Оператор Превитта

Верным направлением в предоставленном методе была оценка величины и ориентация грани. В том числе и при том, собственно, что выделение пределов считается очень весьма ресурсоемкой задачей, подобный расклад выделяет очень удовлетворительные итоги. Этот метод основывается на применении масок объемом 3 на 3, которые предусматривают 8 вероятных направлений, но прямые направленности выделяют лучшие итоги. Все маски свертки рассчитаны.

1	-1	-1
0	0	0
+1	+1	+1

 G_x

1	0	+1
-1	0	+1
-1	0	+1

 G_y

Рисунок 3. Маски оператора Превитта

Оператор Кирша

Метод реализован на применении использования всего одной маски, которую крутят по 8 ключевым направленностям: север, северо-запад, запад, юго-запад, юг, юго-восток, восток и северо-восток.

Размер грани определен как имеющий наибольший смысл, найденный с поддержкой маски. Конкретное значение маски выдает наибольшее значение. К примеру, k_0 соответствует вертикальной границе, величина k_5 – диагональной. Заметим, собственно, что последние 4 маски практически эти же, как и 1-ые, они считаются зеркальным отблеском относительно центральной оси матрицы.

$$\begin{matrix}
 k_0 & & k_1 & & k_2 & & k_3 \\
 E = \begin{bmatrix} -3 & -3 & 5 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & -3 & 5 \end{bmatrix} & NE = \begin{bmatrix} -3 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix} & N = \begin{bmatrix} 5 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix} & NW = \begin{bmatrix} 5 & 5 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix} \\
 k_4 & & k_5 & & k_6 & & k_7 \\
 W = \begin{bmatrix} 5 & -3 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ 5 & -3 & -3 \end{bmatrix} & SW = \begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ 5 & 5 & -3 \end{bmatrix} & S = \begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ -3 & 0 & -3 \\ 5 & 5 & 5 \end{bmatrix} & SE = \begin{bmatrix} -3 & -3 & 5 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & 5 & 5 \end{bmatrix}
 \end{matrix}$$

Рисунок 4. Маски оператора Кирша

Выделение контура методом Marr-Hildreth

Метод Marr-Hildreth применяет способ обнаружения пределов в цифровых изображениях, который обнаруживает непрерывные кривые всюду, где приметны сильные градиенты и резко изменяющиеся конфигурации яркости группы пикселей. Это достаточно незатейливый способ работает с поддержкой свертки изображения с LoG-функцией или же как стремительная аппроксимация с DoG. Нули в обработанном итоге отвечают контурам. Метод граничного сенсора произведен из следующих шагов:

- размытие изображения способом Гаусса;
- использование оператора Лапласа к размытому изображению (часто 1-ые 2 шага соединены в один);
- выполняем цикл вычислений и в полученном итоге обратим внимание на замену символа. В случае если сигнал поменялся с негативного на положительный и в полученной конфигурация смысла больше, чем пороговой точке, то квалифицировать данную точку, как границу;

Для получения наилучших итогов шаг с внедрением оператора Лапласа возможно исполнить сквозь гистерезис так, как это показано в методе Кэнни.

В данной работе был реализован один из вышеописанных методов, а именно оператор Собеля. Несмотря на то что все вышеперечисленные алгоритмы подобраны таким образом, что могут быть реализованы на любой ПЛИС устройстве, возможности параллельной обработки для ПЛВМ дают значительное преимущество использования оператора Собеля для обработки изображений. Основной идеей здесь является применение фиксированной маски значений к изображению оператора Собеля. Это уменьшит сложность алгоритма. Так как современные ПЛВМ являются реконфигурируемыми на уровне аппаратных инструкции, использование таких устройств дает значительный прирост эффективности вычисления для нестандартного набора задач.

В свою очередь, применение модельно-ориентированного проектирования делает верификацию и отладку оператора Собеля значительно проще и продуктивней. Модельно-ориентированное проектирование является проверенным подходом, адресованным к трудностям и сложностям свойственным проектированию систем управления. Он является методом для создания сложных систем, использующий математические модели системных компонентов и их взаимодействий с окружающей средой [6]. Модельно-ориентированное проектирование, реализуемое в его максимально расширенном виде, дает гарантии использования единой среды проектирования, которая дает разработчикам привилегии использования целостной модели расширенной системы для оперирования информацией, ее качественного визуального представления, верификации и обеспечения корректности, что в конце концов, делает возможным автоматическую генерацию кода с дальнейшим его портированием в ПЛВМ.

Модель реализованного алгоритма построена с помощью инструмента модельно-ориентированного проектирования Mathworks Simulink и его фреймворка Mathworks Computer Vision System Toolbox [7]. В модели реализовано выделение границ объекта белым цветом и наложение выделенных границ на исходное изображение. Функциональность построенной модели реализована внутри трех блоков (рис. 5): блока преобразования кадра в пиксели, блока обработки потока пикселей в HDL (HardwareDefinitionLanguage – язык описания аппаратуры) модели, блока преобразования пикселей в кадр.

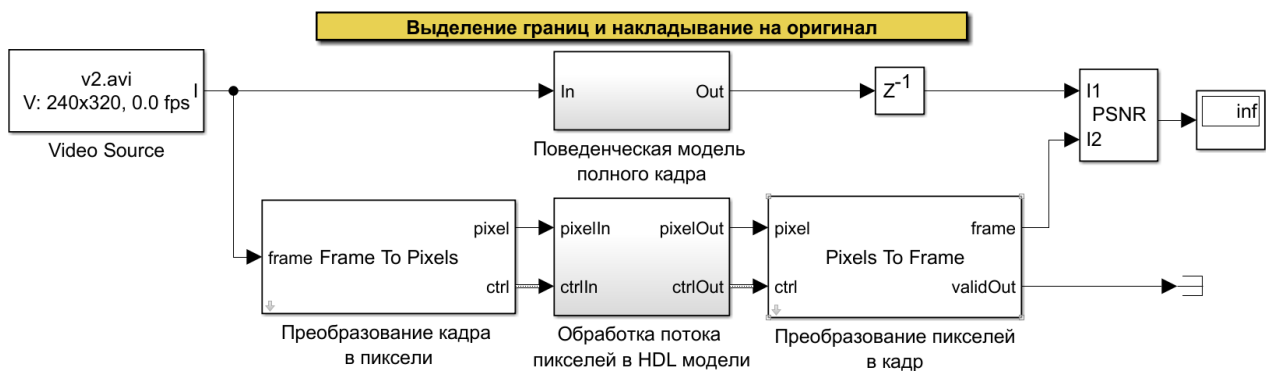


Рисунок 5. Модель системы, построенной для проверки алгоритма

Задачей блока преобразования кадра в пиксели является конвертация полного кадра изображения в поток пикселей. Для моделирования эффекта горизонтальных и вертикальных периодов мерцания

присутствующих в настоящих аппаратных видео системах, активное изображение дополняется данными отличными от оригинального изображения. Конфигурация блока преобразования кадра в пиксели показана на рисунке 6.

Внутри блока обработки потока пикселей в HDL модели находится подсистема, показанная на рисунке 7. Из данной подсистемы может быть автоматически сгенерирован код HDL для ПЛВМ при правильном подборе требуемых параметров.

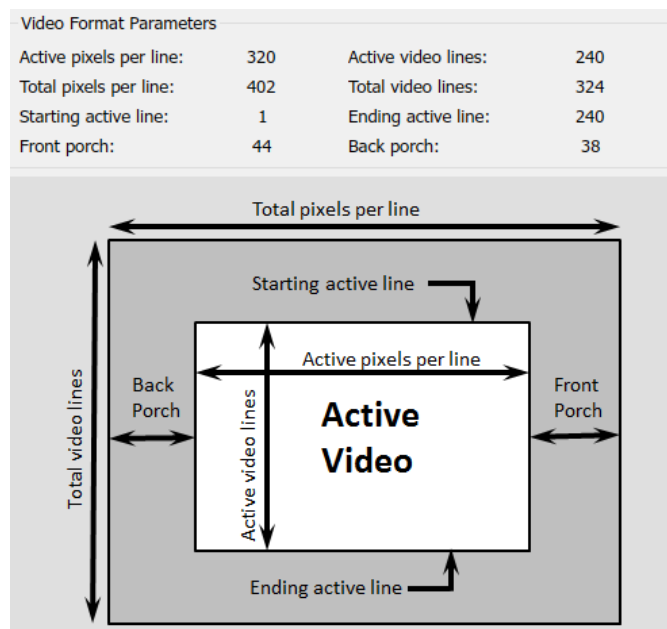


Рисунок 6. Конфигурация блока преобразования кадра в пиксели

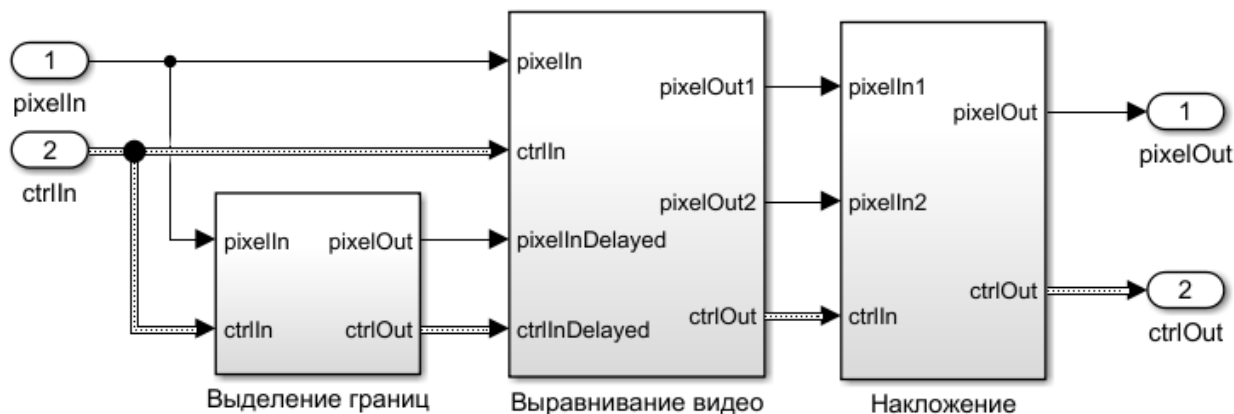


Рисунок 7. Подсистема обработки потока пикселей в HDL модели

Из-за природы обработки пиксельных потоков, блок выделения контуров в подсистеме обработки потока пикселей в HDL модели имеет задержки при работе. Данная задержка делает невозможным прямое взвешивание и соединение двух изображений для получения наложенной картинки. Для устранения данного недостатка HDL модели используется подсистема выравнивания видео, представленная блоком посередине на рисунке 7. Данная подсистема выравнивания видео используется для синхронизации двух пикселей перед их наложением друг на друга. Структурная реализация блока выравнивания видео, спроектированная на Simulink представлена на рисунке 8.

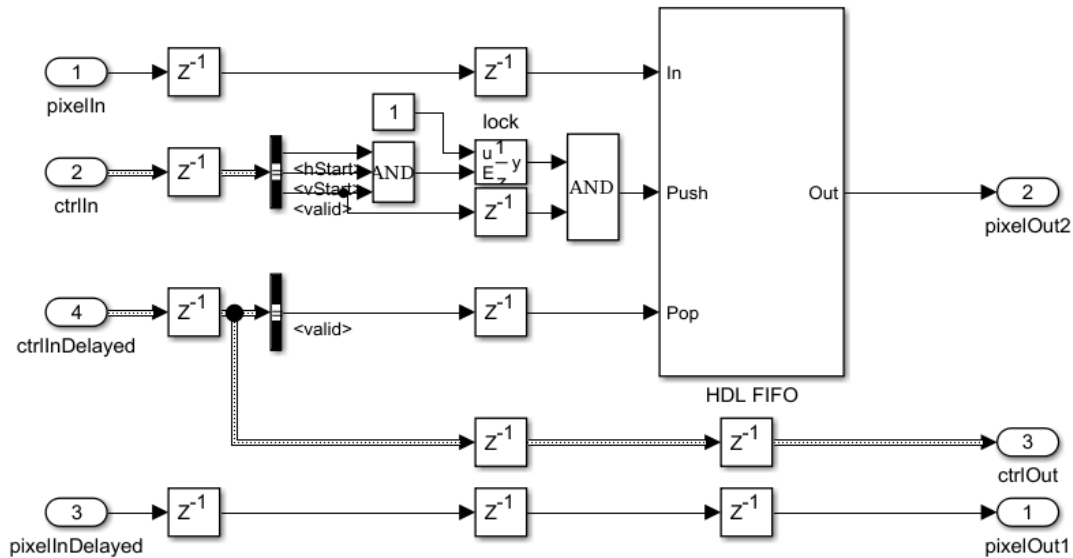


Рисунок 8. Подсистема выравнивания видео, спроектированная на Simulink

Основной идеей выравнивания пикселей является постановка в очередь пикселей, пришедших раньше, и соответственно извлекать отдельные пиксели из очереди, отслеживая синхронность сигналов в потоке пикселей с задержкой.

Блок преобразования пикселей в кадр имеет аналогичную конфигурацию с блоком преобразования кадра в пиксели, только работает наоборот, т.е. конвертирует поток пикселей обратно в полный кадр используя сигналы синхронизации.

На рисунке 9 показан тестовый запуск модели построенной с помощью инструмента модельно-ориентированного проектирования Mathworks Simulink, при использовании Computer Vision System Toolbox. В дальнейшем, планируется портирование модели на устройство ПЛВМ через генерацию кода с помощью инструмента HDL Coder, а также корректировки параметров модели для успешного испытания на внешнем устройстве.

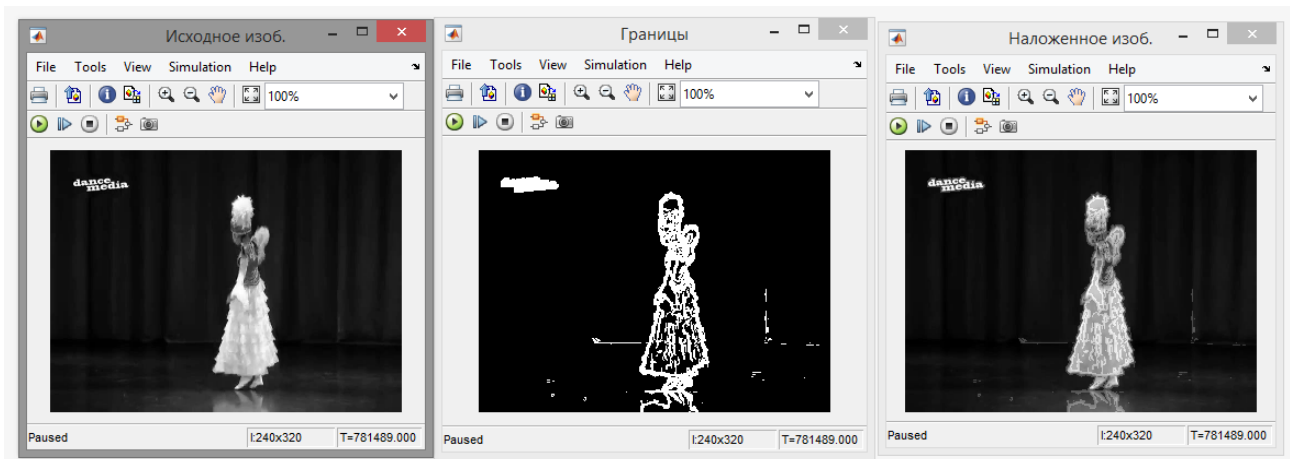


Рисунок 9. Пример запуска модели, реализующей алгоритм выделения контуров через инструменты Mathworks Simulink

Обработка изображений – довольно быстро прогрессирующая дисциплина в компьютерном мире. Ее подъем базируется на больших достижениях в цифровой обработке изображений, развитие компьютерных микропроцессоров и приборов их обработки.

В предоставленной работе была предпринята попытка выучить на практике способы выделения контуров объектов, основанных на разрывах яркости из полутонового изображения. Изучение условной производительности всякого из приведенных в предоставленной работе способов, осуществлялся с поддержкой платформы модельно-ориентированного проектирования MATLAB.

Учитывая тот момент, что вопрос определения пределов на изображении в достаточной степени проанализирован в прогрессивной технической литературе, он все же до этого времени оставался довольно ресурсоемкой задачей, к примеру, как высококачественное выделение пределов всякий раз находится в зависимости от большого количества, влияющих на итог, моментов.

Список использованной литературы:

1. Стругайло В.В. Обзор методов фильтрации и сегментации цифровых изображений // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана, № 05, 2012. – сс. 270-281.
2. Khairnar T., Harikiran, Chandgude A., Sivanantham S. Sivansankaran K. Image Edge Detection in FPGA // International Conference on Green Engineering and Technologies (IC-GET 2015). – Online Conference.
3. Chaple G., Daruwala R.D. Design of Sobel Operator based Image Edge Detection Algorithm on FPGA // International Conference on Communication and Signal Processing, India, 2014. – pp. 788-792.
4. Pawar P.H. Patil R.P. FPGA Implementation of Canny Edge Detection Algorithm // International Journal of Engineering And Computer Science, Volume 3, Issue 10, 2014. – pp. 8704-8709.
5. Shimpi H., Gaikwad N., Dhage M., Pawar A.S. Implementation of Edge Detection Algorithm Using FPGA // International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, Vol. 4, Issue 4, 2015. – pp. 2193-2197.
6. Жуков К. Модельное проектирование встраиваемых систем в LabVIEW. – ДМК Пресс, 2011. – 688 с.
7. MathWorks, Simulink User's Guide. – The MathWorks Inc., Natick, MA, USA, 2016. – 3290 p.

УДК 004.855 : 004.891.3
ГРНТИ28.23.25: 28.23.35

Amirgaliyev Y.N.^{1,3}, Shamiluulu Sh.², Aldabergen A.²

¹Institute of Information Technologies,

²Department of Computer Science, Suleyman Demirel University, Kaskelen, Kazakhstan

³Institute of Information and Computing Technologies (ИКТ), Almaty, Kazakhstan

CLASSIFICATION OF HEART DISEASES BY USING MACHINE LEARNING ALGORITHMS

Abstract

In the current research study, a performance analysis on four supervised machine learning algorithms has been performed i.e., k nearest neighbors, decision trees, naïve-base and logistic regression over scikit-learn ml framework on medical data for patients with heart disorders. The purpose of the research study is show the effect of feature correlation on classification model with over seven different performance metrics. Research study revealed that logistic regression and naïve-base methods are top in classifying patients with disorders with over 80% accuracy.

Keywords: Heart diseases, Machine Learning, Data Classification, Computer Diagnosis

Аннотация

Е.Н. Амиргалиев^{1,3}, Ш.Шамилуулу², А.Алдаберген²

¹Институт Информационных Технологий, г. Алматы, Казахстан

²Кафедра Компьютерных Наук Университета Сулеймана Демиреля, г. Каскелен, Казахстан

³Институт Информационных и Вычислительных Технологий (ИИВТ), г. Алматы, Казахстан

КЛАССИФИКАЦИЯ СЕРДЕЧНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Используя данные о пациентах с пороками сердца, в данной исследовательской работе был выполнен анализ производительности на четырех алгоритмах машинного обучения, такие как knearestneighbors, decisiontrees, naïve-base и logisticregression с помощью программной платформы для машинного обучения scikit-learn. Цель данной исследовательской работы состоит в том, чтобы показать эффект корреляции атрибутов на классифицированной модели с более семи различными показателями производительности. Результаты исследовательской работы показали, что в нахождении пациентов с пороками сердца методы logisticregression и naïve-base имеют самые высокие результаты точности со значениями более 80%.

Ключевые слова: Порок сердца, Машинное обучение, Классификация Данных, Компьютерная Диагностика.

Аңдатпа

Әмірғалиев Е.Н.^{1,3}, Шамильулу Ш.², Алдаберген А.²

МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АЛГОРИТМДЕРІНІҢ КӨМЕГІМЕН ЖҮРЕК АУРУЛАРЫН АНЫҚТАУ ЖӘНЕ ЖІКТЕУ

¹Ақпараттық Технологиялар Институты, Алматы қ., Қазақстан

²Компьютер Ғылымдары Кафедрасы, Сүлеймен Демирел Университеті, Қаскелең қ., Қазақстан

³Ақпараттық және Есептеу Технологиялары Институты (АЕТИ), Алматы қ., Қазақстан

Бұл зерттеу жұмысында scikit-learn машиналық оқытуға арналған программалық платформасының көмегімен жүрек ауруына шалдыққан науқастар жайлы мәліметтерді пайдалана отырып, k nearest neighbors, decision trees, naïve-base және logistic regression сынды машиналық оқыту алгоритмдерінің төрт түрінің өнімділігіне сараптама жасалынды.

Зерттеу жұмысының мақсаты – әртүрлі жеті өнімділік көрсеткіштерін қарастыра отырып, атрибуттар корреляциясының жіктелу үлгісіне әсерін көрсету болып табылады. Зерттеу жұмысының нәтижесі бойынша жүрек ауруына ұшыраған науқастарды анықтауда logistic regression және naïve-base әдістері 80%-дан астам дәлдікпен аса жоғары нәтижеге қол жеткізуге болатынын көрсетті.

Түйінді сөздер: Жүрек аурулары, Машиналық Оқыту, Деректерді Жіктеу, Компьютер Сараптамасы

I Introduction

Presently computer-aided diagnostic systems used in various areas of medicine such as prognosis, diagnosis, treatment of illnesses and patient follow-ups. In this area which is very complex and uncertain, the clinical decision support systems employ different state of the art intelligent systems such as fuzzy logic, artificial neural network and genetic algorithm [1].

Heart diseases have emerged as the number one killer in both urban and rural areas in most of the countries according to Centers for Disease Control and Prevention (CDC). The statistical evidences states that heart diseases accounts 1 in every 4 deaths. Of these deaths, 150,000 are under the age of 65, according to the Million Hearts Foundation. As of 2010, it is the leading cause of death in the U.S., England and Canada, accounting for 25.4% of the total deaths in the United States. Similar situation is found rest of the countries all over the world [2]. In case of heart disease time is very crucial to get correct diagnosis in early stage. Patient having chest pain complaint may undergo unnecessary treatment or admitted in the hospital. In most of the developing countries specialists are not widely available for the diagnosis. Hence, such automated system can help to medical community to assist doctor for the accurate diagnosis well in advance [3].

In domain heart disease risk, smoke, cholesterol, blood pressure, diabetes, sex and age are main risk factors that have direct relation with heart diseases [4]. Because of the many and uncertain risk factors, many times heart disease diagnosis becomes hard task for experts. In the other word, there exists no strict boundary between healthy and unhealthy states [5]. Having so many factors to analyze in-order to diagnose the heart disease of a patient, makes the physician's job difficult. So, experts require an accurate tool that considers these risk factors and show certain result in uncertain term. It is clear that automation of the process of analyzing and identifying the diseases is obvious and accordingly this opens the doors for efficient decision support systems that can help to deal with large amount of information. In this case machine learning is an efficient and important tool in medicine that eases the process of identifying diseases according to symptoms and medical data.

Motivated by the need of such an important tool, in this study, we performed a comparative analysis between several machine learning algorithms for heart diseases medical data. Several algorithms were trained in order to compare and get the best model among them. The dataset was taken from UCI Machine Learning Repository and was used for number of researches in Machine Learning.

II Literature Review

This section reviews several studies related to applications of machine learning algorithms for examining medical data. It can be seen that a great variety of methods were used which reached high classification accuracies using the datasets generally taken from UCI-ML repository. Moriset al. used logistic regression algorithm on heart diseases dataset. By applying various preprocessing techniques, he achieved in obtaining 77.0% of classification accuracy [6]. Further, Kamruzzaman et al. proposed a neural network ensemble based methodology for diagnosing of the heart disease diagnosis and achieved prediction accuracy over 80% [7]. Moreover, Das et al. [8] in 2008 applied genetic algorithm (GA) based Neuro Fuzzy Techniques for breast cancer identification and adaptive neuro fuzzy classifier has been introduced to classify the tumor mass in breast. On more study where authors implemented fuzzy neural network for survey work on medicine [9]. In their study, the Zhang et al., reviewed the position of the art for the application of fuzzy neural network in diagnosis, recognition, image processing and intelligence robot control of medicine with the overall accuracy of 70%. Tanriverdi et al. proposed

a fuzzy expert system for determination of coronary heart disease risk (CHD) of patient for the upcoming ten-years [1]. Developed system outputs the risk ratio and recommends using one of three treatment options: (1) normal live, (2) diet, (3) drug treatment. The result of this fuzzy expert system in 79% as a well as the expert did. As can be seen the ml algorithms can be successfully applied in medical field.

III Materials and Methods

3.1 Machine Learning Algorithms

The scikit-learn machine learning framework with four algorithms has been used to evaluate the classification performance on heart diseases dataset. The brief explanations for algorithms are provided below.

I. K Nearest Neighbors (KNN) algorithm is one of the first simple supervised learning machine learning algorithms. The logic behind this method is to find a predefined number of training samples closest in distance to the new point, and predict the label from these given data-points. Despite its simplicity, nearest neighbors has been successful in a large number of classification and regression problems. As a distance metric generally the Euclidean distance measure is used. For detailed information refer [5].

II. Decision Trees (D-Tree) is a supervised learning method that is used for classification and regression. The feature is to create a model that predicts the value of a target variable by learning simple decision rules inferred from the data features. This method has some advantages like being simple to understand and easy to interpret and also trees can be visualized and requires little data preparation. The method is based on information theory paradigm. The more information can be obtained [5].

III. Gaussian Naïve Bayes (NB) is a classification technique based on Bayes' Theorem. In general, the Naïve Bayes classifier assumes the presence of a particular feature in a class is unrelated to the presence of any other feature. For example, a fruit may be considered to be an orange if it is orange, round, and about 10 cm in diameter. Even if these features depend on each other or upon the existence of the other features, all of these properties independently contribute to the probability that this fruit is an apple and that is why it is known as 'Naive'. This method's advantage is that Naive Bayes model is easy to build and particularly useful for very large data sets. For details refer [5].

IV. Logistic regression (Logit) is a part of regression models where the output value is binary or dichotomous. The prediction curve is S-shaped and based on a sigmoid function [5]. Because of non-linear nature this algorithm shows one of the best results on getting the classification model for the data, for details refer results and discussion section.

3.2 Data collections

The dataset obtained from UCI machine learning repository. There are 14 attributes and over 300 instances. Table 1 shows details of attributes with correlation coefficients. The target attribute provides 4 categories where first three are related to heart diseases and last one to healthy state. The hold-out method used for training and testing the models, where 70% for training set and 30% for testing set.

Table 1. Features descriptions

№	Feature title	Correlation (r)	Description
1	Age	0.237	Age of the patient (numeric)
2	Gender	0.277	Gender of the patient (numeric)
3	CP	0.472	Chest pain type (numeric)
4	Trestpbs	0.128	Resting blood pressure (numeric)
5	Chol	0.121	Serum cholesterol (numeric)
6	Fbs	0.025	Fasting blood sugar (numeric)
7	Restecg	0.169	Resting electrocardiographic results (numeric)
8	Thalach	-0.423	Maximum heart rate achieved (numeric)
9	Exang	0.432	Exercise induced angina (numeric)
10	Oldpeak	0.413	=ST: depression induced by exercise relative to rest (numeric)
11	Slope	0.364	The slope of the peak exercise ST segment (numeric)
12	Ca	0.488	Number of major vessels (0-3) colored by fluoroscopy (numeric)
13	Thal	0.526	3 = normal; 6 = fixed defect; 7 = reversible defect (numeric)
14	DsPrt	-	The predicted attribute (presence of disease or absence).

IV Implementation, Results and Discussions

Models simulations performed over scikit-learn ml framework for 4 different algorithms over heart diseases dataset. In order to reveal the true potential of algorithms the dataset has been divided into two parts shown in Figure 1 A-B. The first part contains the highly correlated features where $r \geq 0.5$ and second part is lower than $r < 0.5$. Generally, highly correlated features have a better relationship between target variable and thus better classification model. This phenomenon also can be seen in confusion matrices plots.

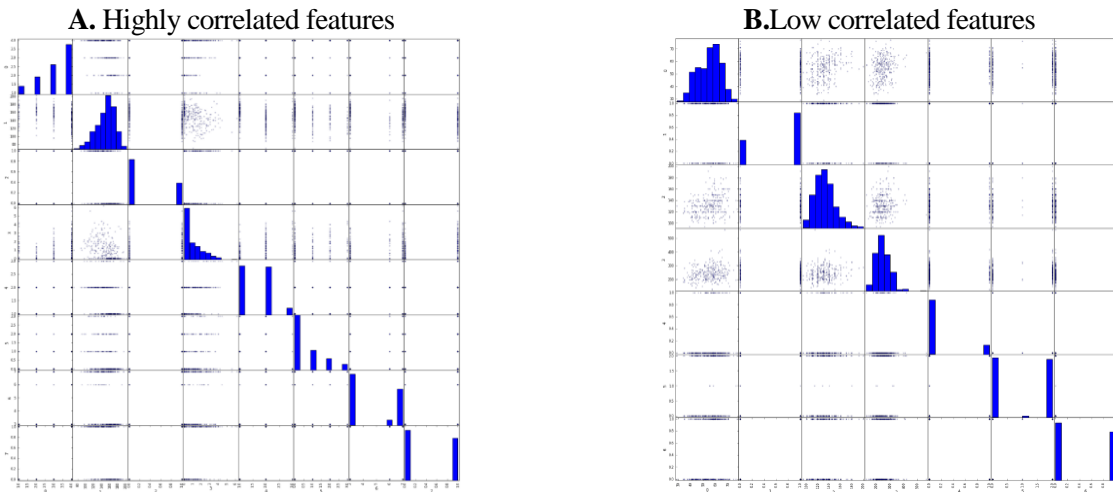


Figure 1. Histograms and scatter plots for each part

The accuracy metrics for algorithms are provided in Figure 2 and 3 for each part. We can see the accuracies for each algorithm for cross-validations between 5 and 12. As can be seen the accuracy is higher for highly correlated features this is obvious because the higher relation between independent and dependent features the better is model. It can be seen that the Logit and NB outperforms all remaining algorithms with over 80% for highly and over 60% for lower related features.

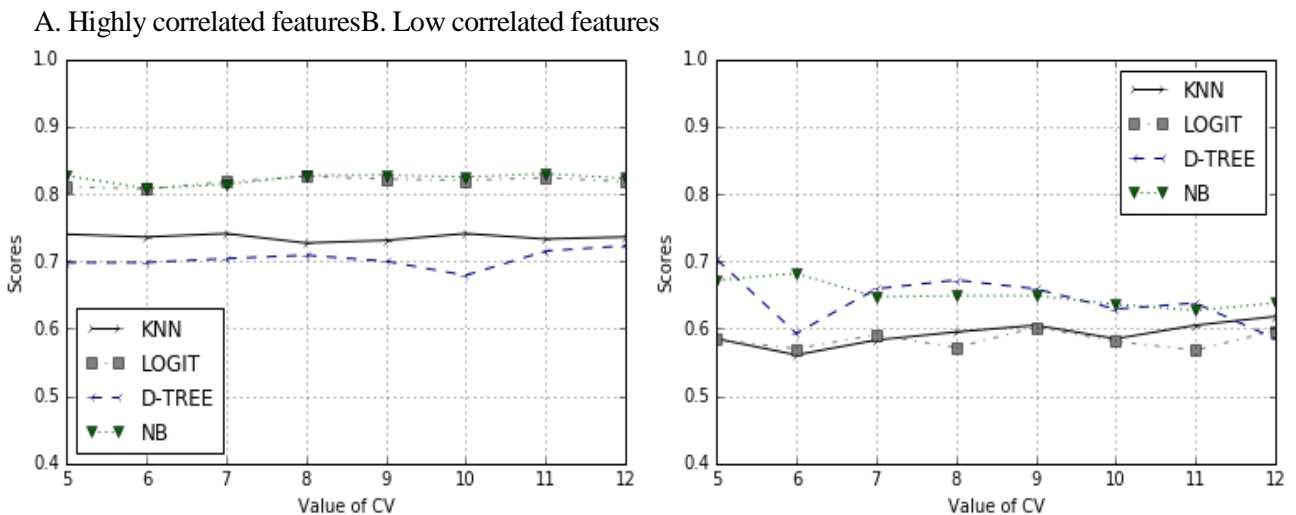


Figure 2. Accuracy metrics for each part in training mode

A. Highly correlated features B. Low correlated features

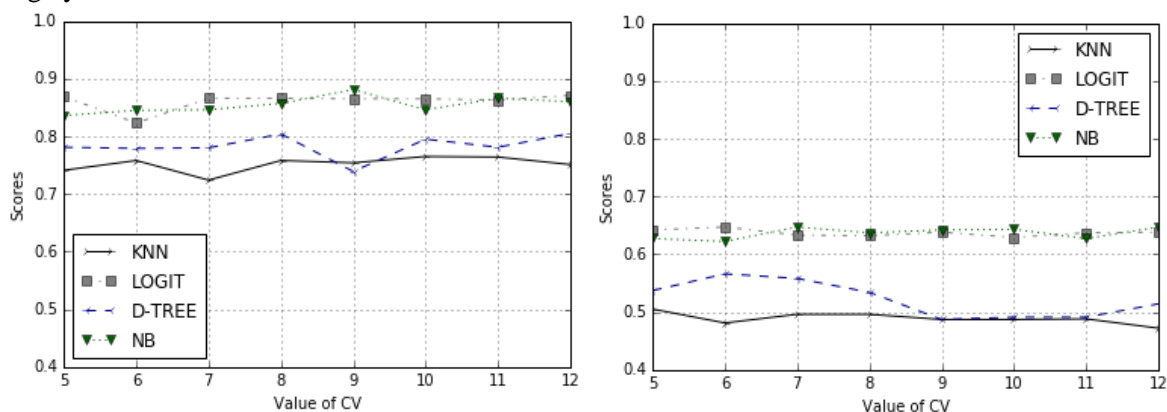


Figure 3. Accuracy metrics for each part in testing mode

The performance metrics for each part is provided in Table 2 and 3. The top algorithm for highly correlated features is Logit. Because Logit employs the non-linear modeling techniques thus makes it better than other ml methods but there is a tradeoff in building time.

Table 2. Performance metrics for highly correlated features

	RMSE	Specificity	Precision	Recall	f1-score	Build time (sec)
KNN	0.445	0.76	0.82	0.80	0.80	0.001
D-Tree	0.445	0.77	0.81	0.80	0.80	0.003
NB	0.378	0.87	0.86	0.86	0.86	0.002
Logit	0.331	0.87	0.89	0.89	0.89	0.003

Table 3. Performance metrics for low correlated features

	RMSE	Specificity	Precision	Recall	f1-score	Build time (sec)
KNN	0.638	0.62	0.59	0.59	0.59	0.002
D-Tree	0.620	0.62	0.61	0.62	0.61	0.002
NB	0.574	0.66	0.67	0.67	0.67	0.002
Logit	0.611	0.61	0.63	0.63	0.61	0.003

Working with low correlated features the NB outperforms all other algorithms. The probability logic makes classification better but increases the build time for the model. The Logit slightly underperform the NB but still able to follow classification trend. Root mean square errors (RMSE) are provided in Figure 4 for each dataset. It can be seen that the lower the RMSE the better the model.

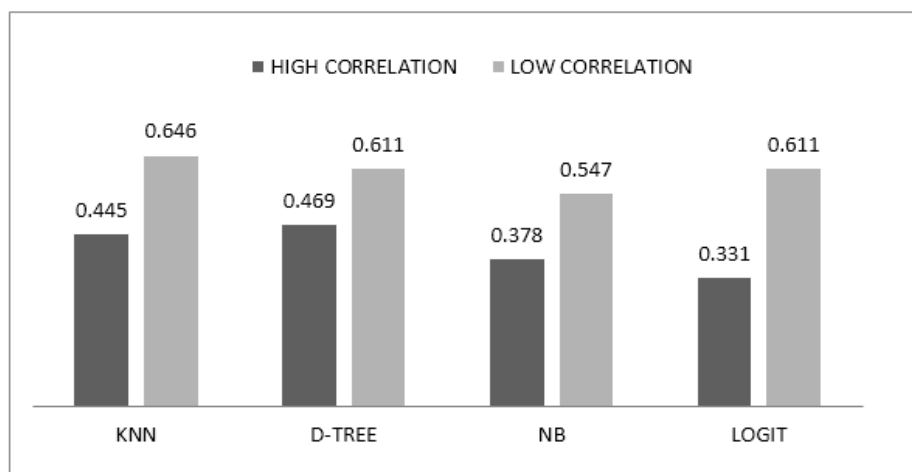


Figure 4. Algorithms RMSE errors for two datasets

Conclusion

In this research study four supervised machine learning algorithms were applied on heart diseases dataset. According to resulting studies the top algorithms for highly correlated features is the Logit. This is because the Logit employs the non-linear modeling techniques which makes it better than other ml methods but there is a trade-off in building time. Working with low correlated features the NB outperforms all other algorithms. The probability logic makes classification better but increases the build time for the model. In conclusion we can say that, Logit method can be a good and practical choice to classify a heart disorders medical data.

References:

1. Novruz Tanriverdi, Serhat Torun and Ismail Saritas, "Design of A Fuzzy Expert System for Determination of Coronary Heart Disease Risk", *International Conference On Computer Systems and Technologies (Compsystech) 2007*
2. Sellappan Palaniappan, Rafiah Awang "Intelligent heart disease prediction system using data mining techniques". *Computer Systems and Applications, 2008. AICCSA 2008. IEEE/ACS International Conference*
3. Polat K., Sahan S., Kodaz H. and Güneş S. "A new classification method to diagnosis heart disease: supervised artificial immune system"(AIRS), *Proceedings of the Turkish Symposium on Artificial Intelligence and Neural Networks (TAINN), 2005.*
4. Anooj P.K. "Clinical decision support system: Risk level prediction of heart disease using weighted fuzzy rules" *Jan. 2012*
5. Harrington, Peter. "Machine learning in action". Vol. 5. Greenwich, CT: Manning, 2012.
6. Morise, A.P., Detrano, R., Bobbio, M., & Diamond, G.A. (1992). Development and validation of a logistic regression-derived algorithm for estimating the incremental probability of coronary artery disease before and after exercise testing. *Journal of the American College of Cardiology, 20(5), pp.1187-1196.*
7. Kamruzzaman S.M., Ahmed Ryadh Hasan, Abu Bakar Siddiquee and Md. EhsanulHoqueMazumder, *Medical diagnosis using neural network, ICECE 2004, 28-30 December 2004, Dhaka, Bangladesh.*
8. Arpita Das and Mahua Bhattacharya, *GA based Neuro Fuzzy Techniques for breast cancer Identification, IEEE, 978-7695-3332-2/08, 2008. DOI: 10.1109/IMVIP.2008.19*
9. Hongmin Zhang, Xuefeng Dai, *The Application of Fuzzy Neural Network in Medicine-A Survey, International Conference on Biological and Biomedical Sciences Advances in Biomedical Engineering, Vol.9 2012.*

УДК 002:316.774
ГРНТИ 20.01.04

Г.С. Байірбекова¹, С.А. Нугманова², Т.Ж. Мазаков³

¹Phd докторант Қазақстанның Ұлттық Университеті им. аль-Фараби, г. Алматы, Қазақстан

²к.п.н., старший преподаватель Института Математики, физики и информатики

при КазНПУ им. Абая, г. Алматы, Қазақстан

³профессор Института информатики и вычислительной техники Комитета Наук при МОН РК,
г. Алматы, Қазақстан

НАУКОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО БИОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДАМ

Аннотация

Одним из важнейших аспектов развития современного общества является проблема защиты информации и информационной безопасности. В настоящее время одним из самых перспективных направлений в системах контроля доступа становится использование биометрических данных человека. Преимущества биометрических систем очевидны, они имеют большую практическую значимость, что обосновывает важность как теоретических исследований, так и практических разработок. Поэтому данная тема, без сомнения, является актуальной. Анализ мирового потока научных работ по данному направлению методами наукометрических исследований позволяет увидеть объективную картину развития данного научного направления и оценить его актуальность и потенциальные возможности применения.

В данной статье на основе библиометрических баз данных проведены исследования потока публикаций по проблеме биометрии с помощью наукометрических инструментов. При анализе массива публикаций учитываются временные изменения, региональный аспект, динамика интереса к теме. Проводится анализ зарубежных показателей, делаются выводы о правомерности использования методов библиометрии для определения актуальности научного направления.

Ключевые слова: библиометрия, библиометрический анализ, биометрия, биометрическая идентификация, верификация пользователей, защита информации, информационная безопасность, контроль доступа.

Аңдатпа

Г.С. Байірбекова¹, С.А. Нугманова², Т.Ж. Мазаков³

¹Эль-Фараби атындағы Қазақ ҰУ-нің Phd докторанты, Алматы қ., Қазақстан

²п.ғ.к., Абай атындағы ҚазҰПУ, Математика, физика және информатика институтының аға оқытушысы,
Алматы қ., Қазақстан

³Ғылым Комитеті БжҒМ ҚР, Информатика және есептеу техникасы институтының профессоры,
Алматы қ., Қазақстан

БИОМЕТРИЯЛЫҚ ӘДІСТЕР БОЙЫНША ҒЫЛЫМИ ЗЕРТТЕУЛЕРГЕ ҒЫЛЫМИМЕТРИКАЛЫҚ ТАЛДАУ

Қазіргі заманғы қоғам дамуының маңызды аспектілердің бірі - ақпаратты қорғау және ақпараттық қауіпсіздік мәселесі болып табылады. Қазіргі уақытта қол жетімділікті бақылау жүйелеріндегі ең болашағы бар бағыттардың бірі - адамның биометриялық деректерін пайдалану болып табылады. Биометриялық жүйелердің артықшылықтары анық, олардың практикалық мәнділігі бар, бұл теориялық зерттеулер және тәжірибелік әзірлемелердің маңыздылығын негіздейді. Сондықтан бұл тақырыптың өзектілігінде күмән жоқ. Осы бағыттағы әлемдік ғылыми жұмыстар ағынына ғылымиметрикалық зерттеулер арқылы талдау осы ғылыми бағыттардың дамуының шынайы көрінісін көруге, оның өзектілігін және оны қолданудың жолдарын бағалауға мүмкіндік береді.

Бұл мақалада библиометриялық базалардың негізінде ғылымиметрикалық құралдардың көмегімен биометрия проблемалары бойынша жарияланымдар ағынына зерттеулер жүргізілді. Жарияланымдар массивін талдау кезінде уақыт, өңірлік аспект, тақырыпқа қызығушылық динамикасы ескерілді. Шетелдік көрсеткіштерге талдау жүргізіліп, ғылыми бағыттың көкейтестілігін анықтауда библиометриялық әдістерді қолдануға болатындығы жайлы тұжырым жасалды.

Түйінді сөздер: библиометрия, библиометриялық талдау, биометрия, библиометриялық идентификация, қолданушыларды тексеру, ақпаратты қорғау, ақпараттық қауіпсіздік, қолжетімділікті бағалау.

Abstract

Bairbekova G.S.¹, Nugmanova S.A.², Mazakov T.Zh.³

¹PhD student of Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Senior Lecturer of the Institute of Mathematics, Physics and Informatics at Abai Kazakh NPU, Almaty, Kazakhstan

³Professor of the Institute of Information and Computing Technology, Almaty, Kazakhstan

THE SCIENTOMETRIC ANALYSIS OF SCIENTIFIC RESEARCH BY BIOMETRIC METHODS

One of the most important aspects of the development of modern society is the problem of information security and information security. At present, one of the most promising areas in access control systems is the use of human biometric data. The advantages of biometric systems are obvious, they have great practical importance, which justifies the importance of both theoretical studies and practical developments. Therefore, this topic, no doubt, is relevant. The analysis of the world flow of scientific works in this direction using methods of scientific metric studies allows us to see an objective picture of the development of this scientific direction and to assess its relevance and potential application possibilities.

On a basis the bibliometric of databases researches of a flow of publications on a biometry problem by means of scientometric tools are conducted. In the analysis of an array of publications temporal changes, regional aspect, dynamics of interest in a subject are considered. The analysis of foreign indices is carried out, conclusions about legitimacy of use of methods of a bibliometriya for determination of relevance of the scientific direction are drawn.

Keywords: bibliometry, bibliometric analysis, biometrics, biometric identification, user verification, information security, information security, access control

Проблема защиты информации и информационной безопасности является одним из важнейших аспектов развития современного общества. В настоящее время решение этой проблемы в области разработки и эксплуатации информационных систем различного назначения связано с разработкой всевозможных требований к обеспечению их безопасности и созданием программно-аппаратных средств от несанкционированного доступа. На сегодня одним из самых перспективных направлений в системах контроля доступа становится использование биометрических данных человека. Преимущества биометрических систем очевидны, они имеют большую практическую значимость, что обосновывает важность как теоретических исследований, так и практических разработок. Поэтому данная тема, без сомнения, является актуальной [1]. Анализ мирового потока научных работ по данному направлению методами наукометрических исследований позволяет увидеть объективную картину развития данного научного направления и оценить его актуальность и потенциальные возможности применения.

Повышение надежности систем аутентификации личности является актуальной научно-технической задачей. Точность идентификации (установление) и верификации (подтверждение) личности в существенной мере определяется адекватностью реализованной математической модели.

Сегодня на рынке имеются биометрические устройства для верификации и идентификации пользователей по таким индивидуальным характеристикам, как отпечатки пальцев, черты лица, голос, радужная оболочка глаза, форма ладони, стиль набора на клавиатуре и подпись [2,3].

Биометрическая идентификация является дополнительным уровнем защиты, так как биометрические данные человека сложно подделать. Так же биометрические данные неизменны и уникальны для каждого человека, что является их достоинством. Основное преимущество аутентификации по биометрическим параметрам очевидно: данные невозможно забыть, потерять, передать другому человеку или украсть, воспроизвести в полном объеме [4].

К числу первоначальных методов объективизации идентификации человека можно отнести антропометрические измерения, введенные в криминалистическую практику еще А.Бертильоном [5]. Он предложил систему регистрации признаков внешности, доступных для измерения. В основу этой системы легло положение бельгийского ученого А.Кетле. Хотя процесс измерения требовал применения специального антропометрического инструментария, предложенная А.Бертильоном система оказалась довольно надежным средством идентификации человека. Это было возможно потому, что результаты измерений образовывали совокупность, индивидуализирующую человека. Криминалисты открыли более простую и надежную систему идентификации человека – дактилоскопию, и поэтому сложная антропометрическая система А.Бертильона была заменена более простой регистрацией рисунков папиллярных узоров пальцев рук человека. Тем не менее, исходя из понятия биометрии, А.Бертильона можно считать пионером ее внедрения в практику криминалистической идентификации человека [6].

Элементы биометрии имеются и в дактилоскопии, в которой используется классификация рисунков папиллярных узоров по их типам и видам, их сочетаниям, которые позволили разработать системы классификации папиллярных узоров. О том, что дактилоскопия является «одним из приемов антропометрической классификации», писал еще известный русский криминалист В.И. Лебедев [7]. В своем труде он дал сравнительный анализ систем классификации узоров, причем уделил внимание и «системе

классификации кожных линий, выработанной А.Бертильоном». На основе таких систем, еще с конца XIX века строилась дактилоскопическая регистрация, применяемая для идентификации человека. В 80-х годах XX века появление недорогих технологий сканирования документов и ЭВМ позволили автоматизировать процесс кодирования отпечатков пальцев. Для кодирования отпечатков стали использоваться детали папиллярных узоров, которые представлялись в виде наборов точек, обозначающих эти детали, и их взаимное расположение в системе координат [8].

В связи с вышеуказанными трудностями распознавания лиц с использованием технологий кодирования изображений предложено использовать дополнительно изображение отпечатков пальцев рук человека и рисунка радужной оболочки глаз. Такие изображения предлагается вносить в паспорта наряду с фотоснимком лица. Идентификация по особенностям папиллярных узоров пальцев рук человека в настоящее время осуществляется в автоматическом режиме. Для этого используются наряду с традиционным получением окрашенных отпечатков пальцев на бумаге оптическое сканирование узора пальца руки, который прикладывается к поверхности сканера [9].

Недостаток данной технологии в том, что качество получаемого изображения зависит от состояния кожи. В перспективе могут использоваться ультразвуковые сканеры, с помощью которых изображение получается бесконтактно. Поскольку строение радужной оболочки глаза неповторимо, что объясняется генетическими особенностями ее формирования, предложено использовать особенности рисунка радужки глаза для целей идентификации человека. На фоне других биометрических параметров она выделяется высокой точностью и стабильностью.

Опыт и результаты их применения различны, что объясняется как природой полей, так и используемыми средствами, и методами идентификации. Перспективы использования очевидны, о чем говорит совершенствование такого важного для установления личности документа, каким является паспорт. Несмотря на наблюдаемый во всем мире повышенный интерес к биометрическим технологиям, нельзя забывать об основных требованиях криминалистической идентификации к свойствам объектов, вовлекаемых в этот процесс, – это индивидуальность, относительная устойчивость в течение идентификационного периода и способность достоверно отображать свои признаки. Поэтому требуется накопление многих экспериментальных данных и их последующий анализ, который позволит говорить о надежной идентификации человека по его новым биометрическим показателям.

В связи с этим в данной статье поставили перед собой задачу количественно выявить и проанализировать динамику «интереса» к вопросам биометрии с помощью библиометрических инструментов путем анализа научных публикаций. Использование статистического подхода позволяет решать задачи динамики числа открытий, журналов, учёных, использование метода подсчета числа публикаций даёт картину распределения публикаций по странам, языкам и типам издания, а исследование научного цитирования даёт возможность изучить коммуникацию в профессиональном сообществе [10]. Конечно, неполнота этих данных очевидна, поскольку немало идей черпается в неформальном общении ученых, на конференциях, симпозиумах, при личном контакте специалистов [11].

В ходе данного исследования был применен метод подсчета числа публикаций (распределение по годам, выборочно регионам и странам), а в качестве источников предоставления данных - база данных WebofScienceCoreCollections компании Thomsonreuters с удобным библиометрическим инструментарием для исследования англоязычных публикаций.

Прежде всего, рассмотрим, в каком регионе наблюдается самое большое в количественном отношении, число публикаций по биометрии в отрасли компьютерных технологий. Явный приоритет за Соединенными Штатами, за ними следует Китай, Индия, Англия и только на пятом месте Германия (рис.1). Следует заметить, что в последние десятилетия китайские ученые во многих областях знаний сделали мощный рывок и переместились в первые места по числу публикаций в англоязычных изданиях. То, что и в такой, достаточно узкой теме, как биометрия, Китай вышел на второе место в мире, говорит о большой востребованности исследований подобного рода в этом регионе.

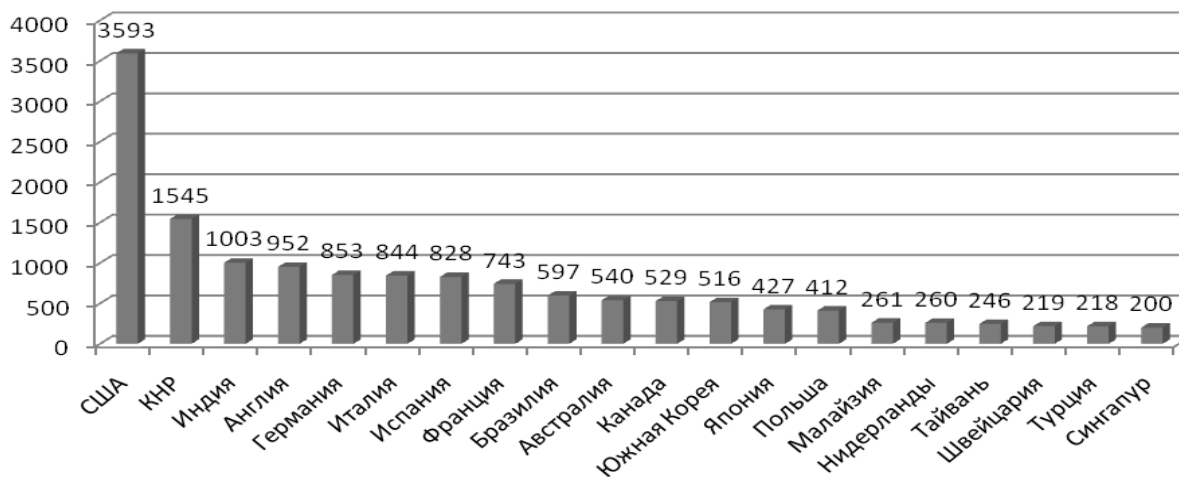


Рисунок 1. Страны с наибольшим количеством публикаций

Из рисунка 2 можно увидеть, что среди ста наиболее активно публикующих организаций из разных стран, наибольшее число опубликованных исследований по данной тематике принадлежит Национальному центру научных исследований Франции (433 опубликованных работ). На втором месте Калифорнийский университет – объединение десяти публичных калифорнийских университетов, который управляет рядом исследовательских центров. И на третьем месте Китайская академия наук с 218 опубликованными исследованиями по данному направлению. Организации, опубликовавшие 100 и более статей, представлены ниже в виде диаграммы.



Рисунок 2. Организации разных стран с наибольшим количеством публикаций

Если рассмотреть публикации по теме «Биометрия» можно заметить, что в последние годы изменилась структура интереса к проблемам биометрии. Динамика неровная, хотя и возрастающая по общему количеству публикаций, с периодическими «провалами» и «всплесками» активности. На рисунке 3 представлены публикации, начиная с 1975 года до 2015 года, учитывая, что не все периодические издания, вышедшие в 2015 году, могли быть проиндексированы на момент составления запросов. Следует заметить, что с две тысячи седьмого года наблюдается динамичный рост количества публикаций по теме «Биометрия». Наибольшее количество опубликованных статей приходится на две тысячи тринадцатый год.

Количество статей

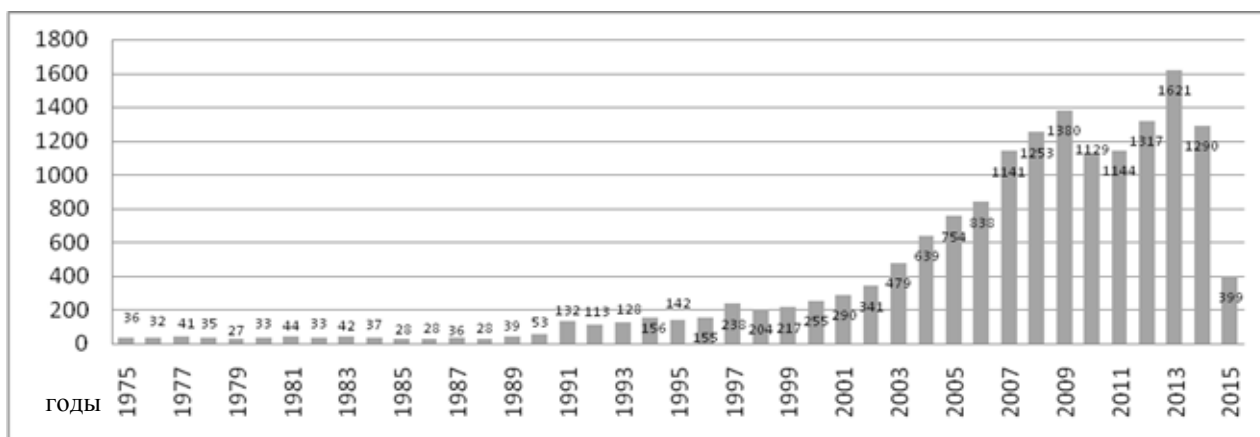


Рисунок 3. Динамика количества публикаций по теме «Биометрия»

Та же ситуация и с цитированием публикаций по этой теме. На основании этих графиков можно сделать вывод, что фактор всеобщего увеличения электронных публикаций ученых и расширения возможности представления их научной общественности хоть и должен учитываться, но не может служить решающим при анализе активности исследователей в той или иной области. На рисунке 4 видно, что начиная с 1997 года и по сей день возрастает количество цитирований, отраженных в базе данных WebofScienceCoreCollections. На основании данного графика можно сказать о равномерно нарастающем интересе к исследованиям вопросов по биометрии.

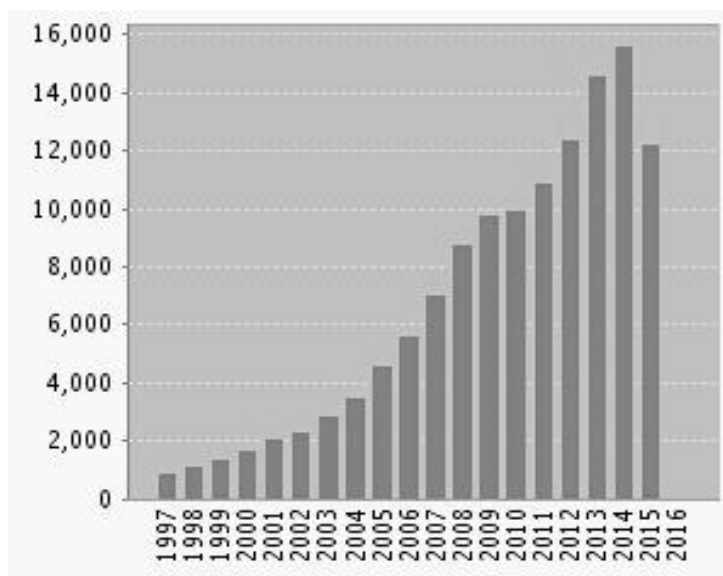


Рисунок 4. Количество цитирований, отраженных в Web of Science Core Collections

На рисунке 5 представлено количество публикаций по отраслям. Из этого рисунка видно, что наибольшее количество публикаций принадлежит направлению компьютерных технологий, на втором месте инженерия, третье место занимают математические науки.

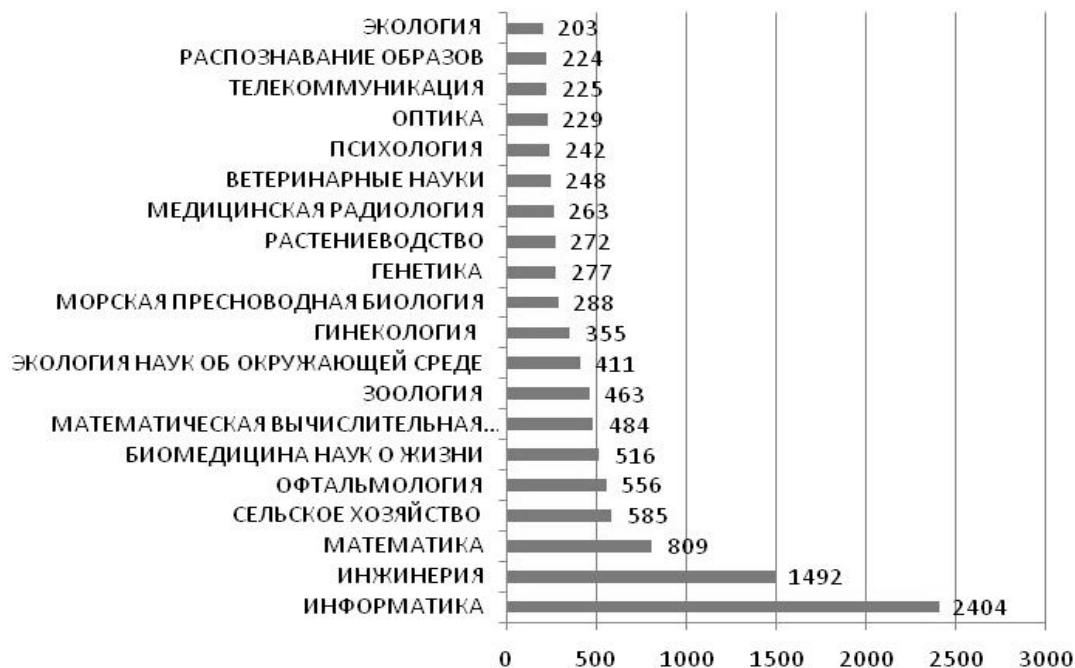


Рисунок 5. Количество публикаций по отраслям

В результате анализа международного потока публикаций по общему направлению «биометрия», включенных в базу данных Web of Science Core Collections были выбраны наиболее часто цитируемые статьи. Количество научных статей по теме «биометрия» составило 9472. Общая цитируемость этих научных статей составляет 123948, из них без учета самоцитирования 107922. Среди этих публикаций были выбраны 7 наиболее цитируемые статьи:

1. Passing H, Bablok W, «A new biometrical procedure for testing the equality of measurements from 2 different analytical methods – application of linear – regression procedures for method comparison studies in clinical – chemistry», Journal of clinical chemistry and clinical biochemistry vol. 21. Issue 11. P. 709-720 Published 1983, количество цитирований этой статьи 1130.

2. Daugman JG, «High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence», IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence Vol. 15. Issue 11. P. 1148-1161 Published 1993, количество цитирований этой статьи 1078.

3. Albert JH, Chib S, «Bayesian – analysis of binary and polychotomous response data», Journal of the American statistical association Vol. 88. Issue 422. P. 669-679. Published 1993, количество цитирований этой статьи 999.

4. Jain AK, Ross A, Prabhakar S, «An introduction to biometric recognition», IEEE Transactions on circuits and systems for video technology Vol. 14. Issue 1. P. 4-20. Published 2004, количество цитирований этой статьи 789.

5. Hong L, Wan YF, Jain A, «How iris recognition works», «IEEE Transactions on circuits and systems for video technology Vol. 14. Issue 1. P. 21-30. Published 2004», количество цитирований этой статьи 754.

6. Hong L, Wan YF, Jain A, «Fingerprint image enhancement: algorithm and performance evaluation», IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence Vol. 20. Issue 8. P. 777-789 Published 1998, количество цитирований этой статьи 682.

7. Wildes RP, «Recognition: An emerging biometric technology», Proceedings of the IEEE Vol. 85. Issue 9. P. 1348-1363 Published 1997, количество цитирований этой статьи 656.

Из выше рассмотренного общего потока выделены научные публикации, относящиеся к области компьютерных технологий, количество которых составило 1792 статей. Общая цитируемость этих научных статей составляет 30769, из них без учета самоцитирования 25257. Среди этих научных публикаций перечислим 7 наиболее цитируемые статьи:

1. Daugman JG, «High confidence visual recognition of persons by a test of statistical», IEEE Transactions on pattern analysis and machine, количество цитирований этой статьи 1078.

2. Hong L, Wan YF, Jain A, «Fingerprint image enhancement: algorithm and performance evaluation», IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence Vol. 20. Issue 8. P. 777-789 Published 1998, количество цитирований этой статьи 682.

3. Jain A, Hong L, Bolle R, «On-line fingerprint verification », IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence Vol. 19. Issue 4. P. 302-314 Published 1997, количество цитирований этой статьи 635.

4. Zhang D, Kong WK, You J, et al., «Online palmprint identification», IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence Vol. 25. Issue 9. P. 1041-1050 Published 2003, количество цитирований этой статьи 502.

5. Ross A, Jain A, «Information fusion in biometrics», Pattern recognition letters Vol. 24 Issue 13 P. 2115-2125 Published 2003, количество цитирований этой статьи 451.

6. Jain AK, Prabhakar S, Hong L, et al., «Filterbank-based fingerprint matching», IEEE Transactions on image processing Vol. 9. Issue 5. P. 846-859 Published 2000, количество цитирований этой статьи 450.

7. Jain A, Nandakumar K, Ross A, «Score normalization in multimodal biometric systems», Pattern recognition Vol. 38. Issue 12. P. 2270-2285. Published 2005, количество цитирований этой статьи 426.

Таким образом, используя библиометрические инструменты для исследования динамики публикаций, связанных с общей биометрией, а также с биометрией в отрасли компьютерных технологий, можно сделать однозначный вывод о неравномерности интереса в разных странах и регионах. Публикационная картина показывает возросший интерес к этой теме именно в последние годы. Это связано с появлением информационного общества и повсеместным использованием компьютерных технологий.

В результате анализа можно отметить положительную тенденцию возрастания интереса к биометрии в направлении компьютерных технологий, так как одним из возможных путей защиты информации в вычислительных системах и сетях является использование биометрических систем аутентификации пользователей. Проанализировав характеристики современных систем биометрической аутентификации необходимо отметить о целесообразности использования каждого из методов для аутентификации пользователей в отдельности и в комплексе. В результате сделан вывод, что использование аутентификации с применением биометрических характеристик является очень перспективным направлением развития систем контроля доступа, что можно заметить из возрастающего количества публикаций и их цитирования с каждым годом, несмотря на существующие проблемы и недостатки.

Также в ходе работы были рассмотрены проблемы аутентификации пользователя при использовании биометрических данных человека. Проведен анализ динамики развития данного направления защиты информации, также выполнен краткий исторический обзор по данной теме. Выявлены тенденции развития современных биометрических технологий и их применение в информационной безопасности, что доказывает актуальность проведения научных исследований в данном направлении.

Список использованной литературы:

1. Сесин Е.М. Системы идентификации личности, основанные на интеграции нескольких биометрических характеристик человека / Е.М. Сесин, В.М. Белов // Доклады ТУСУРа. - №2(25), - часть 2. 2012.-С. 175-179.

2. Каторин Ю.Ф., Разумовский А.В., Спивак А.И. Защита информации техническими средствами. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2012. –416 с.

3. Кухарев Г.А., Каменская Е.И., Матвеев Ю.Н., Щеголева Н.Л. Методы обработки и распознавания изображений лиц в задачах биометрии. – М.: Политехника, 2013. – 416 с.

4. Жуковский В.В. Способ улучшения изображения отпечатка пальца/В.В. Жуковский, С.В. Сай//Вестник ТОГУ. –2009. - № 4. – С. 31-38.

5. Торвальд Ю. Сто лет криминалистики. Пути развития криминалистики. Пер. с нем. - М., 1974.

6. Leng L., Teoh A.V.J., Li M. and Khan M.K. Orientation Range for Transposition According to the Correlation Analysis of 2D Palm Hash Code // Proceedings of International Symposium on Biometrics and Security Technologies/ 2013. - P. 230-234.

7. Лебедев В.И. Искусство раскрытия преступления. Дактилоскопия (пальцепечатание). - СПб., 1912. – 65 с.

8. Болл Р.М., Коннелл Дж.Х., Панканти Ш., Ратха Н.К., Сеньор Э.У. Руководство по биометрии.- М., 2007. - 52 с.

9. Karan M., Akila M., Krishnaraj N. Biometric personal authentication using keystroke dynamics: a review, Appl. Soft Comput. 2011. P. 1565-1573.

10. Шарабичев, Ю. Продуктивность ученых: инструменты оценки // Наука и инновации. – 2-13. -№ 1(119). – С. 4-7.

11. Писляков В.В. Методы оценки научного знания по показателям цитирования // Социологический журнал. - 2007. - № 1. - С. 128-140.

УДК 37:004
ГРНТИ 14.01.85

Е.Н. Даутбеков¹

¹Магистрант по специальности «Информатика» КазНПУ им. Абая, г. Алматы, Казахстан

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО КУРСУ КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

Аннотация

В статье рассматриваются методические особенности и формы проведения практических занятий по дисциплине компьютерные сети в педагогических высших учебных заведениях. Проанализированы актуальные проблемы организации и проведения лабораторных занятий в современных педагогических высших учебных заведениях. Кроме того, рассмотрено современное оснащение лабораторных кабинетов необходимым сетевым и компьютерным оборудованием для успешной реализации лабораторных практикумов. Приведены цели и задачи лабораторных занятий, а также общая структура, формы и методы проведения практических занятий в высших учебных заведениях. Выявлена актуальность данного исследования в рамках программы подготовки будущих учителей информатики в Республике Казахстан. На основе анализа, рассмотренных проблем, предложена методика проведения лабораторного практикума по дисциплине компьютерные сети в педагогических вузах.

Ключевые слова: компьютерные сети, методика преподавания, форма организации, лабораторный практикум, комбинированный метод, профессиональные знания и умения.

Аңдатпа

Е.Н. Даутбеков¹

¹Абай атындағы ҚазҰПУ-нің магистранты, Алматы қ., Қазақстан

КОМПЬЮТЕРЛІК ЖЕЛІЛЕР КУРСЫ БОЙЫНША ЗЕРТХАНАЛЫҚ ПРАКТИКУМ ЖҮРГІЗУДІҢ ӘДІСТЕМЕЛІК ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Мақалада педагогикалық жоғары оқу орындарында "Компьютерлік желілер" пәнінен практикалық сабақтар өткізу әдістемесі қарастырылады. Қазіргі жоғары оқу орындарында зертханалық сабақтарды өткізу және ұйымдастыру жөніндегі өзекті мәселелер талданған. Сонымен қатар, зертханалық практикумды табысты жүргізуге қажетті желілік және компьютерлік құрал-жабдықтармен зертханалық кабинеттерді қазіргі уақыт талабына сай жабдықтау туралы баяндалады. Зертханалық сабақтардың мақсаттары мен міндеттері, сондай-ақ, жоғары оқу орындарында зертханалық сабақтар өткізудің түрлері мен әдістері келтірілген.

Қазақстан Республикасында болашақ информатика мамандарын даярлау бағдарламасының шеңберінде аталған зерттеудің өзектілігі ашылған. Қарастырылған мәселені талдау негізінде педагогикалық жоғары оқу орындарында "Компьютерлік желілер" пәнінен зертханалық сабақты өткізу әдістемесі ұсынылды.

Түйінді сөздер: компьютерлік желілер, оқыту әдістемесі, ұйымдастыру нысаны, зертханалық практикум, аралас әдіс, кәсіби білім мен іскерлік.

Abstract

Dautbekov Y.N.¹

¹Student of Master Programme in Computer Science, Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

METHODICAL FEATURES OF PRACTICAL TRAINING ON DISCIPLINE COMPUTER NETWORKS

The article considers the methodical features and forms of carrying out a practical training on discipline computer networks in pedagogical universities. The analysis of the modern problems of scheduling, organization, and carrying out of the laboratory trainings in modern universities is provided. Besides, infrastructure of the laboratories is analyzed. The purposes and tasks of laboratory trainings, and also general structure, forms and methods of carrying out a practical training in universities are considered. Relevance of this research within the program of training of future teachers in the Republic of Kazakhstan is considered. On the basis of the analysis of the considered problems the method of carrying out laboratory training on discipline computer networks in pedagogical universities is offered.

Keywords: computer networks, teaching methods, forms of organization, laboratory practical work, combined method, professional knowledge and skills.

Компьютерные сети – один из наиболее важных и значимых предметов в учебной программе подготовки не только современных специалистов по информационно-коммуникационным технологиям, но и будущих учителей информатики. Еще совсем недавно цифровая обработка и хранение информации на компьютерах казались нам огромным прорывом в науке, профессиональной деятельности и в повседневной жизни. Однако быстрое развитие средств информационно-коммуникационных технологий, позво-

ляют обмениваться огромным количеством информации каждый день. Информационно-коммуникационные технологии предоставляют широкие возможности для пользователей, в том числе связь на большие расстояния, передача текстовой, графической информации или видеофайлов. Все это стало возможным с развитием информационно-коммуникационных сетей.

Именно поэтому методика преподавания предмета «компьютерные сети» имеет особое значение в подготовке будущих педагогических кадров. И очень важной частью преподавания и изучения информационных технологий является практическая работа. Практическая работа учебной деятельности – это лабораторный практикум.

Лабораторный практикум – это неотъемлемая и очень важная часть процесса обучения, в процессе выполнения которого студенты высших учебных заведений получают практические навыки, моделируя и изучая различные аспекты теоретических данных в условиях оборудованных лабораторий. Лабораторные практикумы и другие занятия в условиях лабораторий, представляют собой связующую нить, соединяющую теоретическую часть изучаемого материала с использованием данного материала для решения практических задач в лабораториях, обеспеченных специальным оборудованием. Лабораторные практикумы помогают закрепить теоретический материал и применить знания для решения задач практического характера.

Слово «лабораторный» пришло к нам из латинского языка (латин. *Labo* – работа, труд). Анализируя значение слова *labo*, можно предположить, что оно связано с работой, то есть с каким-либо физическим воздействием для достижения каких-либо результатов или получения каких-либо данных.

А слово «практикум» греческое (греч. *Praktikos* – деятельный). Анализируя значение данного словосочетания, можно сделать вывод, что лабораторный практикум – это трудовая деятельность, направленная на закрепление полученных на лекциях знаний, навыков и умений, необходимая для будущей профессиональной деятельности.

Лабораторный практикум знакомит с методикой соответствующих измерений производственной среды, устройством оборудования и другого обеспечения лабораторий.

Лабораторные практикумы в университетах проводятся для достижения следующих целей:

1. Закрепление курса теоретических занятий, изложенных на лекционных занятиях, дополнительные изыскания.

2. Приобретение навыков проведения экспериментов, анализ и интерпретация данных, полученных во время эксперимента.

3. Формирование умений проведения работ в лабораториях.

Лабораторный практикум является необходимым средством улучшения профессиональной подготовки обучающихся студентов, так как работа в лабораториях является одним из главных методов подготовки высококвалифицированных кадров. Во многих университетах ведется работа по совершенствованию методов проведения лабораторных занятий. Работы по улучшению лабораторных занятий необходимо выполнять в нескольких направлениях, таких как улучшение внутреннего содержания лабораторных практикумов, модернизация оборудования в лабораториях, и кроме того, обновление и улучшение учебно-методического обеспечения.

При подготовке учебного плана всегда сложно выделить материал для отработки на курсах лабораторного практикума. Кроме того, анализируя типовую учебную программу дисциплины, необходимо выделить материал, который студенты могут наиболее успешно усвоить на лабораторных, практических занятиях. Поэтому, отбирая материал для составления плана лабораторного практикума, преподаватель университета должен проанализировать весь материал и выбрать те темы, на основе которых есть возможность поставить лабораторный эксперимент и получить наглядный результат. Отбирая темы, необходимые для изучения на лабораторных практикумах, нужно, в первую очередь, исходить из важности этой темы в структуре данной дисциплины, а также проанализировать сложность усвоения данной темы без лабораторного практикума.

В естественно-математических науках и дисциплинах на лабораторные занятия оставляют темы, позволяющие наглядно продемонстрировать явления, измерения и строение изучаемой дисциплины, а также провести анализ процессов. По профильным дисциплинам необходимо проводить такие лабораторные работы, которые выполняются специалистами на рабочем месте. Еще одна сложность заключается в том, что, планируя лабораторные занятия, кафедры университетов, преподаватели должны решать не только свои специфические узкоспециализированные задачи, но и учебные задачи других предметов и кафедр, а также принять во внимание интересы студентов, как будущих работников и специалистов в данной отрасли. Необходимо соблюдать преемственность в подготовке и осуществлении лабораторных

работ, которая должна быть достигнута согласованностью учебной программы дисциплины и программами лабораторных практикумов по дисциплине.

Для обеспечения преемственности и для успешного выполнения требований лабораторного практикума необходимо провести огромную работу, которая включает в себя согласования специфических понятий и определений, для того, чтобы студенты были готовы к пониманию и изучению материала, связанного с лабораторным практикумом и данными в рамках данной дисциплины.

Разработка и проведение лабораторных работ должна способствовать установлению межпредметных логических связей, так как обучающиеся должны усвоить курс обучения как единую систему, со структурой, отражающей сущность специальности, по которой обучается студент. Кроме того, необходимо учитывать тесную взаимосвязь теоретического и практического материала. Так, не все студенты, на должном уровне усвоившие теоретические основы, могут применить полученные знания на практике. Значит, лабораторные работы необходимо планировать и разрабатывать с учетом того, чтобы студенты могли применять теоретические знания на конкретных задачах. То есть, применять формы и методы проведения лабораторного практикума, позволяющие развивать познавательную деятельность, критическое и аналитическое мышление. Успешность проведения лабораторных практикумов может зависеть от многих факторов, от обеспеченности лабораторных кабинетов необходимыми ресурсами, от профессиональной подготовки преподавателя, организаторских способностей, а также немаловажным является подготовка и готовность самих обучающихся изучать и работать над новыми материалами.

Существуют различные методы организации лабораторных занятий. Рассматривая количество студентов, содержание дисциплины, обеспеченность лабораторий, количество часов, предусмотренных на практические занятия, и кроме того вместимость лабораторных кабинетов, можно выделить следующие методики организации лабораторных занятий, среди которых: фронтальная, по циклам, индивидуальная и комбинированная[3].

Фронтальный лабораторный практикум – это метод проведения лабораторного занятия, предполагающий одновременную работу над поставленной задачей всеми студентами. Фронтальный лабораторный практикум обеспечивает лучшее понимание основ предмета за счет того, что студенты работают самостоятельно, темы лабораторных занятий можно четко соотнести с лекционными занятиями. Преподавателю легче готовить, проводить и контролировать выполнение заданий студентами, так как внимание преподавателя полностью сосредоточено на одной однотипной задаче. Однако, если каждый студент занимается отдельно. То это приводит нас к необходимости приобретать много однотипного оборудования для лабораторного кабинета и, к сожалению, не все высшие учебные заведения готовы пойти на такие затраты.

Лабораторная работа по циклам предполагает разделение работы на некоторое количество циклов, с учетом разделения лекционного материала на определенные части. В цикле могут быть объединены 3-4 однотипные работы или работы, выполняемые последовательно. Студенты выполняют работы по строго определенному расписанию. Переход к последующей фазе осуществляется по завершении предыдущего. Для организации лабораторных занятий по циклам, необходимо разделить программу обучения дисциплине на некоторое количество равных разделов, изучаемых примерно равное количество времени.

Располагая обширной базой лабораторий и оборудованием в них, высшие учебные заведения могут позволить себе организовать индивидуальные лабораторные работы. Метод индивидуальной организации лабораторных занятий предполагает, что каждый обучающийся выполняет сам индивидуально все поставленные лабораторные задачи. Студенты получают все задания, запланированные на семестр и должны выполнять их самостоятельно и отчитываться о проделанной работе перед руководителем. Каждый обучающийся работает отдельно и может быть, что обучающиеся работают над разными темами. Студенты могут сами самостоятельно определять последовательность выполнения лабораторных заданий и, соответственно, некоторые обучающиеся могут опережать построенный преподавателем лекционный курс. Однако, преимущество данного метода проведения лабораторной работы заключается в том, что открывает студентам возможность самостоятельного изучения и изыскания дополнительных источников информации. Кроме того, позволяет учесть индивидуальные интересы некоторых студентов.

Комбинированный метод проведения лабораторных занятий. Из названия данного метода проведения лабораторных занятий можно сделать вывод, что она включает в себя методику вышеназванных методов организации. Комбинированный метод позволяет использовать плюсы каждого из названных методов организации. Конечно, многие высшие школы пытаются индивидуализировать лабораторные практикумы, однако это не всегда осуществимо.

При планировании и организации лабораторных занятий необходимо учитывать различные подходы для организации лабораторных занятий. Существует три подхода к их организации:

1. Строгое и пошаговое выполнение заданий, поставленных в методических пособиях или в заданиях к лабораторным работам, выданным преподавателем. В данном случае ставится задача для выполнения и четкие инструкции к выполнению этой задачи.

2. Частично поисковый метод организации предполагает постановку задачи для выполнения и некоторую свободу в выборе методов решения поставленной задачи и поиска информации.

3. Творческий подход к выполнению лабораторного практикума. При данном подходе к организации студенты получают лишь четко поставленную задачу, а для выполнения этой задачи получают полную свободу в поиске информации и методов решения и выполнения лабораторной работы.

Конечно, наиболее эффективным и преобладающим должен быть последний подход к организации лабораторных практикумов, однако полностью отказаться от первых двух никак невозможно. Обычно, рекомендуется следующая схема выбора подходов к организации лабораторных практикумов:

1. Строгое и пошаговое выполнение заданий для студентов первого учебного года.
2. Частично поисковый метод организации для студентов вторых и третьих курсов.
3. Творческий подход для студентов четвертых курсов.

Лабораторный практикум по компьютерным сетям представляет собой практическую работу в компьютерном классе для студентов, изучающих особенности организации вычислительных сетей. Для изучения возможности организации вычислительных сетей особенно важно уделять больше внимания на практические занятия.

В современных реалиях учебного процесса в высших учебных заведениях, мы сталкиваемся с интересной тенденцией. Эта тенденция связана с тем, что при подготовке специалистов не уделяется или уделяется недостаточно времени на практические занятия. А между тем, именно практические занятия помогают закрепить и углубить теоретические знания, полученные во время лекционных занятий.

Опираясь на наблюдения и анализ проведения занятий в высших учебных заведениях, хочется отметить, что во многих дисциплинах недостаточно рассматривается практическая часть. Например, в программе подготовки по дисциплине «Компьютерные сети» предусмотрены практические занятия, однако студенты не всегда получают доступ к оборудованию. Дело в том, что в любом высшем учебном заведении на сегодняшний день имеются все ресурсы, чтобы организовать практические занятия, однако все практические задания ограничиваются определением IP-адреса компьютера и тем, куда вставлять LAN-кабель.

Дело в том, что компьютерные сети, как и любой другой раздел компьютерных наук, как было сказано выше, в значительной мере основывается не на теоретическом материале, а на практической составляющей. Дисциплина компьютерные сети является практико-ориентированной дисциплиной. Существуют дисциплины, которые в силу своих специфических особенностей основываются на наблюдательном материале. Однако, когда речь идет о компьютерных сетях, лабораторные практикумы имеют решающее значение. Особенно важен лабораторный практикум по компьютерным сетям для студентов педагогических вузов.

Для будущих учителей информатики недостаточно ограничиваться теоретическими знаниями, но также важно владеть практическими возможностями организации компьютерных сетей, то есть быть специалистом практиком. Именно поэтому проведение лабораторных практикумов по дисциплине компьютерные сети в педагогических ВУЗах имеет особое значение.

Помимо задачи закрепления теоретических знаний предметного плана, практикум решает и особые специфические задачи. Он знакомит студентов с «железом», развивает навыки самостоятельной работы с сетевым оборудованием, справочниками, инструментами и со специализированным программным обеспечением.

Выполнение лабораторных практикумов имеет исключительное значение в естественно-научных дисциплинах, а в разделе компьютерные сети особое. Практическое усвоение материала, овладение основами построения сетей, распределение IP-адресови развитие критического подхода к анализу научных идей и фактов возможно только благодаря практике.

Практические работы должны выполняться по заданиям и инструкциям, приведенным в практическом пособии по лабораторному практикуму. Все лабораторные работы должны содержать четко поставленные цель, задачи и результат, который должны получить студенты. Достаточное количество теоретических сведений, относящихся к каждой из них, контрольные вопросы и инструкции должны быть представлены на лекционных занятиях.

К выполнению лабораторного практикума должны допускаться студенты, предварительно изучившие соответствующий теоретический материал.

Практикум должен состоять из одной большой работы. То есть, должна быть поставлена одна цель и постепенно в ходе изучения теоретического материала должны накапливаться знания для выполнения лабораторного практикума, с тем, чтобы в конце выполнения данной работы, был наглядный результат, который студенты могли бы продемонстрировать. Но кроме лекции студенты должны изучать дополнительные источники, так как часть работ практикума содержит дополнительные задания для самостоятельного проведения изысканий и самостоятельного изучения.

Данная схема построения лабораторного практикума даст максимальную результативность при изучении компьютерных сетей. Представляя теоретический материал на лекциях, и поставив четкую цель для выполнения на лабораторном практикуме, преподаватель сможет добиться устойчивого усвоения знаний и понимания студентами всех основ компьютерных сетей. Выполняя практическое задание, как специалист, работающий на рынке труда, студенты смогут получить багаж знаний и умений, который будет полезен в будущей профессиональной деятельности обучающегося.

Однако, наряду с четким планированием лабораторного практикума в целом, необходимо ставить четкую и понятную задачу для каждого отдельного лабораторного занятия, с описанием применяемых ресурсов, то есть оборудования, и понятным конечным результатом, которого должны добиться студенты. Задание для лабораторного занятия должны содержать четко поставленную цель, задания к выполнению лабораторной работы, а также указания к выполнению лабораторной работы. В качестве примера предлагаем описание лабораторной работы по теме «Адресация в сетях».

Тема:	Адресация в сетях
Цель:	Рассмотреть порядок адресации в сетях, типы адресов, порядок присвоения адресов для рабочих станции.
Понятия:	IP-адрес, mac-адрес, доменное имя, маска подсети, статический ip-адрес, динамический IP-адрес, преобразование адресов, DHCP.
Оборудование и инструменты:	Лабораторная работа выполняется на учебной программе-симуляторе ciscopackettracer. Некоторые пункты заданий могут быть выполнены на компьютерах без применения симулятора ciscopackettracer.
Задания к выполнению:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определить физический (mac) и сетевой (IP) адреса Вашей рабочей станции. 2. Командой Ping проверить доступность следующих узлов: <ul style="list-style-type: none"> – Google.com – двух-трех соседних компьютеров. 3. Определить все IP-адреса (публичные) одного из указанных сервисов: mail.ru, yandex.kz, google.com или подобного. 4. В симуляторе ciscopackettracer построить сеть из нескольких компьютеров на базе коммутатора. 5. Провести настройку всех узлов в сети вручную 6. Проверить работоспособность сети при помощи проведения симуляций передачи пакетов. 7. Подключить к существующей сети DHCP-сервер. 8. Произвести настройку DHCP-сервера и перенастройку рабочих станций. 9. Проверить работоспособность сети при помощи проведения симуляций передачи пакетов.

В заключение хочется отметить, что курс «Компьютерные сети» является практико-ориентированным предметом. Основные знания и умения, а также навыки по этому курсу приобретаются на практических занятиях. Именно поэтому для преподавателя очень важно грамотно и четко планировать и организовывать лабораторные занятия по этому предмету. Лабораторные занятия должны органично дополнять лекции для того, чтобы полученные знания могли быть применены на практике, а также для устойчивого усвоения знания и умения.

Список использованных источников и литературы:

1. Типовая учебная программа «Компьютерные сети» по специальности 5В011100 - «Информатика».
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 4-е изд. – СПб.: Питер, 2010. – 944 с.

3. Халықова К.З., Ануарбекова Г.Д. Информатикалық пәндерді оқыту процесіндегі зертханалық практиканың алатын орны мен ролі. - Абай ат.ҚазҰПУ хабаршысы. № 2 (54),2016. - 225-231 бб.

УДК 378.02:37.016
ГРНТИ 14.09.33: 14.85.25

Т.К. Даутова¹, Ж.К. Аккасынова²

¹Учитель школы-лицея «Туран», г. Алматы, Казахстан

²PhD докторант Казахского национального педагогического университета имени Абая, г. Алматы, Казахстан

МЕЖДУНАРОДНАЯ КЛАСТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ОБУЧЕНИЯ ИНФОРМАТИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕРНЕТ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация

В статье рассматривается международная кластерная модель обучения «школы – вузы». Описаны особенности организации и проведении международных мегауроков по информатике с использованием инновационной технологии «мегакласс» в образовательных учреждениях Казахстана и России. Предлагается обзор Интернет технологий, успешно используемых на мегауроках, которые позволяют вовлекать учащихся в коллективную сетевую деятельность. Также обоснована целесообразность организации учебного процесса по информатике на основе международной кластерной модели обучения. Данная модель обеспечивает установление связи между школами и вузами разных стран, повышение мотивации учащихся к изучению информатики, площадку для непрерывной педагогической практики для студентов и магистрантов, повышение квалификации, профессиональной компетентности и конкурентоспособности, совершенствование педагогического мастерства школьных учителей информатики в их профессиональной деятельности.

Ключевые слова: международная кластерная модель обучения, технология мегакласс, мегаурок по информатике, коллективная деятельность, Интернет технологий.

Аңдатпа

Т.К. Даутова¹, Ж.К. Аккасынова²

¹ «Туран» мектеп-лицейдің мұғалімі, Алматы қ., Қазақстан

² Абай атындағы ҚазҰПУ-нің PhD докторанты, Алматы қ., Қазақстан

ИНТЕРНЕТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ПАЙДАЛАНЫП ИНФОРМАТИКАНЫ ОҚИТУДЫҢ ХАЛЫҚАРАЛЫҚ КЛАСТЕРЛІК МОДЕЛІ

Мақалада «мектептер – жоғарғы оқу орындары» халықаралық кластерлік оқыту моделі қарастырылған. Қазақстан мен Ресейдің білім беру мекемелерінде «мегасынып» инновациялық технологиясын пайдаланып информатика пәні бойынша халықаралық мегасабақтар ұйымдастыру мен жүргізу ерекшеліктері сипатталған. Оқушыларды ұжымдық желілік іс-әрекетке жұмылдыруға мүмкіндік беретін және мегасабақтарда табысты пайдаланылатын Интернет технологияларына шолу жасалған. Сонымен қатар, оқытудың халықаралық кластерлік моделі негізінде информатиканы оқыту үдерісін ұйымдастырудың мақсаттылығы негізделген. Аталған оқыту моделі әртүрлі мемлекеттердің мектептері мен ЖОО арасында байланыс орнатуға, оқушылардың информатика пәнін оқуға деген қызығушылығын арттыруға, студенттер мен магистранттарды үздіксіз педагогикалық практика алаңымен қамтамасыз етуге, мектеп мұғалімдерінің кәсіби қызметінде біліктіліктерін, кәсіби құзыреттіліктері мен бәсекеге қабілеттіліктерін арттыруға, педагогикалық шеберліктерін жетілдіре түсуге септігін тигізеді.

Түйінді сөздер: оқытудың халықаралық кластерлік моделі, мегасынып технологиясы, информатика пәні бойынша мегасабақ, ұжымдық іс-әрекет, Интернет технологиялар.

Abstract

Dautova T.K.¹, Akkasynova Zh.K.²

¹Teacher of Lyceum "Turan", Almaty, Kazakhstan

²Ph.D. student of Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

INTERNATIONAL CLUSTER MODEL OF TEACHING COMPUTER SCIENCE WITH ICT TECHNOLOGIES

The paper considers «schools – higher education institutions» international cluster model of education. The features of organization and conduct of international computer science megalessons with the usage of «megaclass» innovative technology at education institutions of Kazakhstan and Russia are described. There is given a review of Internet technology means, which are successfully used at megalessons, and allow pupils to engage in collective network activity. Also the expediency of organization of the learning process based on the international cluster model of education is justified. This model provides for the establishment of links between schools and universities of different countries, increasing the

motivation of students to study computer science, a platform for continuous pedagogical practice for students and magistrands, improving skills, increasing professional competence and competitiveness, improving the pedagogical skills of computer science school teachers in their professional activities.

Keywords: international cluster model of education, megaclass technology, computer science megalesson, collective activity, Internet technology.

Школьный курс информатики является динамично развивающейся областью научного знания, чему способствуют высокий уровень развития ИКТ и существующие на сегодняшний день глобальные тенденции в сфере современного образования. Как известно, информатика занимает важное место в формировании научного мировоззрения учащихся, в их социализации, в получении современных профессиональных знаний, играет ключевую роль в формировании личности, свободно ориентирующейся в информационном обществе [1]. Наряду с этим наблюдается понижение уровня мотивации учащихся к изучению информатики. Поэтому необходим поиск новых моделей обучения информатике в школе. На сегодняшний день информатику нельзя проводить изолированно от других предметов, в отдельной школе, в классе, одним учителем. Обучение информатике должно стать корпоративной, практико-ориентированной. В этом случае, на наш взгляд, наиболее приемлемой будет осуществление обучения информатике на основе международной кластерной модели, которая представляет собой открытое сетевое обучение с использованием дистанционных образовательных технологий, объединяющее образовательные учреждения разных стран по модели «школы – вузы». Согласно такой модели, образовательные учреждения интегрируются в единый учебный процесс для установления взаимовыгодного сотрудничества и партнерских отношений; достижения общих целей, связанных с повышением качества образования, глобализацией и всеобщей информатизацией образования; обмена опытом по осуществлению образовательных программ среднего и высшего образования; решения общезначимых проблем (низкий уровень мотивации учащихся к изучению предмета, отставание содержания образования от быстрого темпа развития современных средств ИКТ, не эффективное использование всех возможностей сетевых дистанционных образовательных технологий, оторванность от реальной практики, жизни и т.д.), встречающихся в учебном процессе информатики. Таким образом, можно утверждать, что международная кластерная модель обучения преобладает над действующей классно-урочной моделью, так как позволяет идти в ногу со временем и отвечает вызовам современного информационного общества.

На сегодняшний день успешно функционирует международный инженерно-технический кластер на базе Казахского национального педагогического университета им. Абая (Алматы, Казахстан), Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева (Красноярск, Россия), школы-лицея Туран (г. Алматы), МАОУ гимназии №9 (г. Красноярск), МБОУ лицея №28 (г. Красноярск), МОУ лицея №1 (г. Ачинск), МАОУ школы №3 (г. Ачинск), созданный по модели «школы – вузы».

Участники этого образовательного кластера объединяются для проведения совместных уроков с использованием инновационных технологий в мегакласс. Такая организация учебного процесса эффективна при установлении сотрудничества между учащимися различных школ и повышения мотивации. Сущность технологии «мегакласс» заключается в организации и проведении мегаурока одновременно для нескольких школ кластера при участии преподавателей и студентов педагогического вуза и с привлечением ученых, педагогов, специалистов предприятий в режиме видеоконференцсвязи и облачных сервисов [2].

Целью проведения международных мегауроков является повышение качества образования по информатике посредством:

- привлечения к учебному процессу наряду со школьниками и учителями школ преподавателей вузов, студентов и магистрантов, представителей производства;
- повышения мотивации, вовлечения школьников в творческую, активную исследовательскую, коллективную деятельность;
- эффективного использования всех возможностей электронного обучения и дистанционных образовательных технологий;
- создания условий для непрерывного повышения квалификации учителей школ, позволяющего им быть успешными, конкурентоспособными и т.д. [3].

Международные мегауроки проводятся один раз в месяц. В начале 2016-2017 учебного года, после рассмотрения календарно-тематических планирований всех школ, были выбраны темы информатики 10 класса, представляющие наибольший интерес для изучения: Взгляд в будущее. Проблемы и задачи современной информатики (1 час); Архитектура вычислительных систем (1 час); Прикладное программное обеспечение (1 час); Компьютерные сети (1 час); Программирование (4 часа).

Все участники международного образовательного кластера взаимодействуют между собой в сетевом режиме с использованием возможностей системы видеоконференцсвязи TandbergConferenceMe (Рис.1).

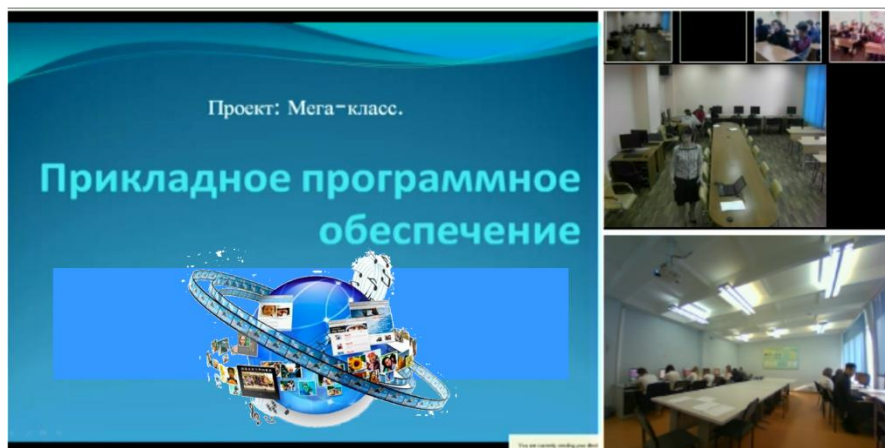


Рисунок 1. Взаимодействие всех участников кластера на мегауроке

На мегауроках ребята, работая в небольших группах, привлекаются к активной деятельности по освоению различных облачных технологий и Интернет сервисов. Коллективная деятельность ученических групп при выполнении заданий способствует развитию следующих навыков: коммуникация с членами группы, разделение ролей, исполнение своих функций, обмен мнениями и идеями, выдвижение лидерских качеств и т.д. Группы учащихся увлеченно работают над проектами, квестами или кейсами, нарабатывая навыки анализа конкретной ситуации, решения проблемных вопросов, исследовательские навыки, любознательность, критическое, творческое мышление и т.д. Как известно, проектная деятельность является одним из способов реализации системно-деятельностного подхода в обучении информатике. Поэтому при изучении информатики особое внимание следует обращать на метод проектов, как на способ повышения интереса непосредственно к предмету [4].

Мегауроки позволяют с хорошей результативностью изучить различные прикладные программы и онлайн приложения, что в свою очередь, расширяет предметные знания и умения, способствуя развитию ИКТ-грамотности. Существует немалое количество таких сервисов, которые работают в онлайн режиме и их стандартные версии находятся в свободном доступе. Далее предлагаем обзор Интернет технологий, успешно используемых на мегауроках.

1. **Виртуальные доски** для организации совместной работы: Linoit, RealtimeBoard, Twiddla. Они используются в качестве онлайн доски объявлений, оснащенной разными наглядными инструментами. Позволяют добавлять запись, аудио и видео материалы, картинки, документы разного типа, делать заметки, клеить стикеры, вставлять календарь, визуально представлять идеи, развивать их и делиться ими с другими пользователями, приглашать своих друзей для организации совместной работы, вести чат с другими пользователями во время работы и т.д.

На мегауроке «Архитектура вычислительных систем» проекты всех школ были представлены на виртуальной выставке, организованной в среде Linoit (Рис.2). Для каждой школы была выделена часть виртуального стенда, где школьные группы могли размещать ссылки на свои работы. В течение всего урока ребята, проходя по ссылкам, знакомились с работами своих товарищей, отмечали понравившиеся проекты, прикрепляя на них стикеры с галочкой, оставляли комментарии. Также, учащиеся из разных школ общались между собой в ВКонтакте, выясняя тонкости представленных работ: задавали вопросы авторам, отвечали на вопросы экспертов и тьюторов из школ и вузов.

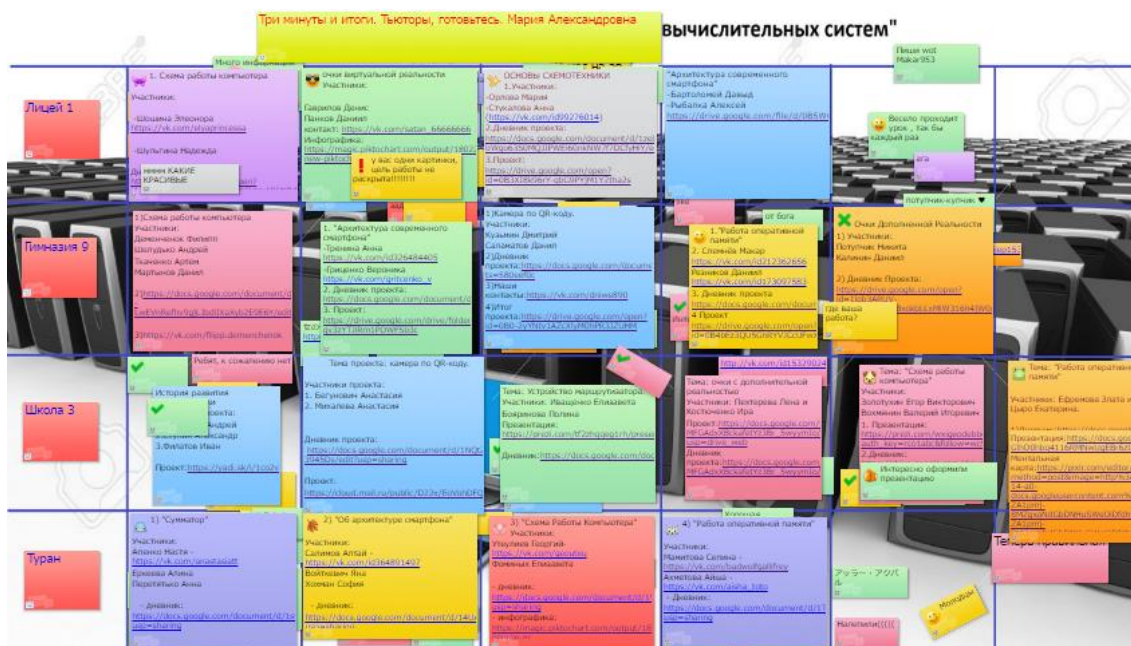


Рисунок 2. Фойе выставки проектов «Архитектура вычислительных систем» в Linoit

2. **LearningApps.org** – приложение для поддержки учебного процесса с помощью интерактивных модулей (приложений, упражнений). Данное приложение пользуется большим успехом у учителей, так как предлагает большой выбор интерактивных упражнений (найти пару, классификация, простой порядок, заполнить пропуски, викторина с выбором правильного ответа, кроссворд, пазл «Угадай-ка», скачки и др.). Стоит отметить позитивное отношение самих учащихся к заданиям, представленным в таком виде (Рис. 3).

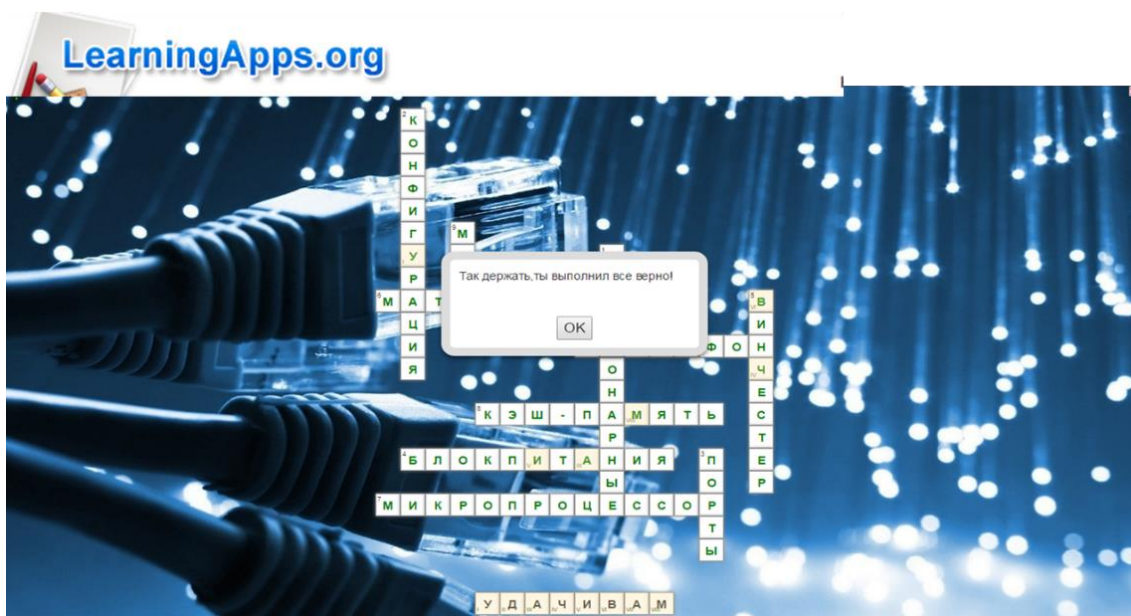


Рисунок 3. Кроссворд в LearningApp.org

3. Инструменты для представления информации:

- **Prezi.com** – веб-сервис для создания интерактивных мультимедийных презентаций с нелинейной структурой;
- **Piktochart.com** – инструмент бесплатного создания инфографики;
- **MindMeister** – сервис для создания ментальных карт.

4. **Timetoast** – сервис для создания ленты времени, позволяющий расставлять события по хронологическому порядку. Возможности этого сервиса особенно эффективно были использованы на мегауроке «Компьютерные сети», где учащиеся, на этапе актуализации, рассматривали информацию с важными датами в истории создания сети Интернет, параллельно проверяя свои знания с помощью онлайн тестов в LearningApps.org. Все это было организовано в Timetoast (Рис. 4).

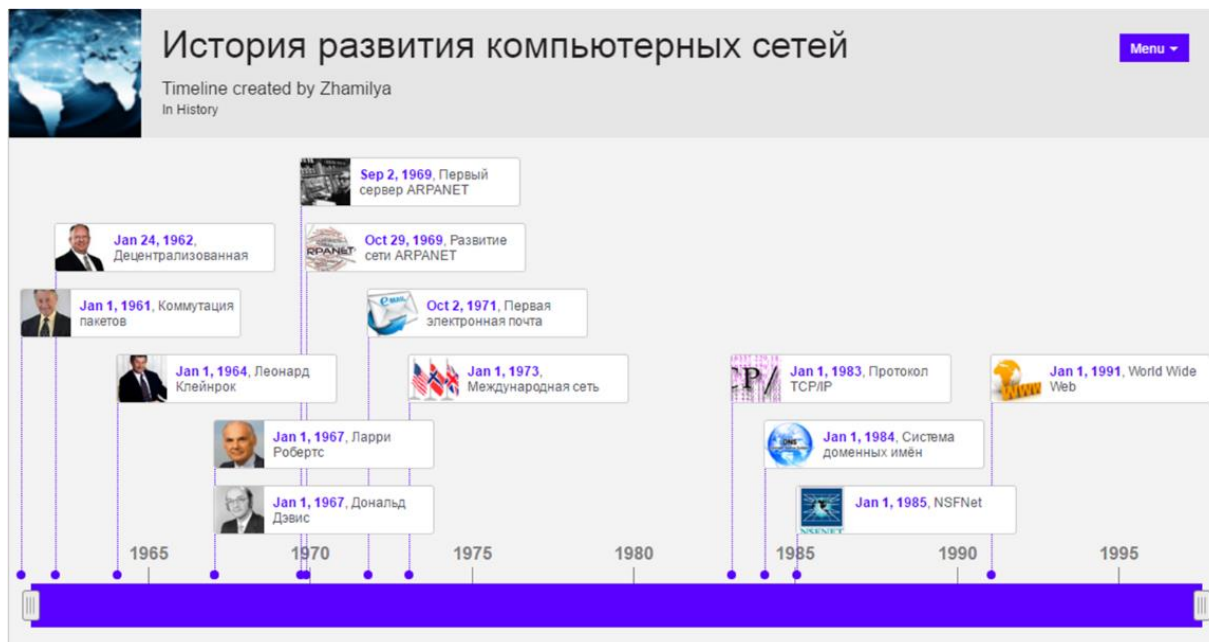


Рисунок 4. История развития компьютерных сетей в Timetoast

5. Графические редакторы:

- **Gimp** – редактор растровой графики;
- **Inkscape** – редактор векторной графики;
- **SynfigStudio** – программа, предназначенная для создания двумерной векторной анимации;
- **SaiPaintTool** – графический редактор для художников, работающих в стиле манга и аниме;
- **Blender** – редактор трехмерной графики.

Как показывает практика, подобная коллективная сетевая деятельность повышает интерес учащихся к изучению информатики, ускоряет процесс выработки различных навыков, самостоятельного поиска методов решения практических задач, расширяет кругозор, порождает дух соперничества и чувство конкуренций, и в то же время создает дружественную атмосферу внутри класса. Предполагается, что все мероприятия, проводимые в рамках международных мегауроков, будут способствовать формированию и развитию у участников навыков XXI века, обеспечивающих их успешность и конкурентоспособность в современном информационном обществе.

Стоит отметить, что организация и проведение мегаурока по информатике в сравнении с традиционным уроком требует немало времени и сил. За качество урока отвечает не только учитель, как это принято в традиционной системе обучения, но и все остальные участники образовательного кластера (учителя всех школ, преподаватели вузов, студенты). Каждому участнику отводиться своя роль и каждый исполняет свои функции, а в совокупности все они объединяются одной общей целью – организовать и провести такой мегаурок, который носит познавательный, практико-ориентированный, творческий, деятельностный, исследовательский характер и сопровождается изучением и использованием современных информационных технологий. Успешность подготовки таких уроков зависит от вовлеченности всех участников образовательного кластера, их согласованной работы и степени личной заинтересованности [5]. В силу загруженности, нехватки времени и других обстоятельств не все учителя изъявляют желание участвовать в такой форме проведения занятий. Поэтому очень важно, чтобы были вовлечены учителя творческие, готовые к нововведениям, постоянному поиску новых идей, саморазвиваться и повышать свои квалификации.

Непосредственно в проведении мегаурока очень важна его техническая сторона, так как обучение проходит в сетевом режиме, качество связи, работоспособность аппаратных и программных средств

обучения напрямую влияют на успешность прохождения мероприятия. Сбои со связью, технические неполадки, ошибки, выдаваемые Интернет сервисами, могут помешать достижению дидактической цели, изменить ход урока вплоть до его полного срыва. В таких случаях школьные учителя всегда должны быть готовы продолжать урок в офлайн режиме, заранее скачать с «облака» все учебные материалы мегаурока, установить необходимые программы на ученических компьютерах, проверить их работоспособность и т.д.

В процессе подготовки мегауроков проводятся онлайн семинары учителей и тьюторов, на которых планируются этапы урока и вырабатывается технология использования и подготовки программного обеспечения. Подобное общение может являться своеобразным повышением квалификации для школьных учителей.

Участие студентов, магистрантов в процессе организации и проведении подобных мегауроков позволяет им окунуться в будущую профессиональную деятельность, связанной с преподаванием информатики. Такого рода непрерывная реальная педагогическая практика – это большая возможность познакомиться с реальным учебным процессом в школе, получить бесценный жизненный опыт у действующих школьных учителей, приобщиться к работе со школьниками, установить связь с зарубежными сверстниками, расширить предметные знания, навыки работы с сетевыми технологиями и т.д. Основная функция студентов и магистрантов – это осуществление роли тьюторов-консультантов учащихся как во время мегаурока, так и внеучебное время в процессе подготовки проектов.

В заключении, необходимо отметить, что международная кластерная модель обучения предоставляет возможность общими силами вузов и школ повлиять на развитие образования по информатике с учетом требований современного информационного общества и существующих на сегодняшний день глобальных тенденций в сфере образования, предполагающих доступность образования, образование в течение жизни, образование без границ, глобальную мобильность и т.д. Наряду с этим, практика проводимых мегауроков по кластерной модели показывает, что их организация и проведение требуют дальнейшей оптимизации и развития.

Список использованной литературы:

- 1. Теория и методика обучения информатике: учебник / [М.П. Лапчик, И.Г. Семакин, Е.К. Хеннер, М.И. Рагулина и др.]; под ред. М.П. Лапчика. - М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 592 с.*
- 2. Ивкина И.М., Кулакова И.А., Пак Н.И., Романов Д.В., Симонова А.Л., Сокольская М.А., Хегай Л.Б., Яковлева Т.А. Мегакласс как инновационная модель обучения информатике с использованием ДОТ и СПО: коллективная монография / Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. – Красноярск, 2014. – 196 с.*
- 3. Бидайбеков Е.Ы., Камалова Г.Б., Аккасынова Ж.К. О мегауроках по информатике в рамках международного образовательного кластера // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и тенденции инноваций в современной науке и образовании», посвященной 60-летию профессора Т.А. Турмамбекова. - Туркистан, 2017. - С. 36-39.*
- 4. Информатика: Учебные программы для 5-11 классов общеобразовательной школы. – Астана, 2013. – 42 с.*
- 5. Камалова Г.Б., Аккасынова Ж.К., Макашев К. Мега-урок как инновационная форма организации обучения информатике // Педагогика и психология. - №3(28). - 2016. - С. 106-111.*

УДК 519.63; 519.684
ГРНТИ27.41.19

А.А. Исахов¹, А.Б. Абылкасымова²

^{1,2}Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

ПРИМЕНЕНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕНОСА ВОЗДУХА В РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЕ ЧЕЛОВЕКА

Аннотация

В данной работе рассматривается применения параллельных вычислительных технологий для численного моделирования переноса воздуха в респираторной системе человека. Исследование течения воздуха в носовой полости человека представляет значительный интерес, поскольку дыхание осуществляется в основном с помощью носа. В данной работе проводилось двухмерное численное моделирование переноса воздуха в модельных поперечных сечениях носовой полости для нормального человеческого носа на основе системы уравнений Навье-Стокса, уравнения для температуры и уравнения для относительной влажности. Для численного решения данной системы уравнений применяется схема расщепления по физическим параметрам. Данный численный алгоритм полностью распараллеливается с помощью различных геометрических декомпозиций (1D, 2D и 3D). В работе были сделаны предварительный теоретический анализ эффективности различных методов декомпозиции расчетной области и реальные вычислительные эксперименты для данной задачи, и был определен лучший метод декомпозиции области. Полученные данные численного моделирования переноса воздуха носовой полости человека сверялись с известными численными результатами, в виде профилей скорости и температуры.

Ключевые слова: метод декомпозиций, теоретический анализ эффективности, ускорение, альвеолярное состояние, теплообмен в носовой полости, схема расщепления по физическим параметрам, метод конечных объемов.

Аңдатпа

А.А. Исахов¹, А.Б. Абылкасымова²

^{1,2}Әль-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы қ., Қазақстан

АДАМНЫҢ ТЫНЫС АЛУ ЖҮЙЕСІНДЕ АУАНЫҢ ТАСЫМАЛДАНУЫН САНДЫҚ МОДЕЛЬДЕУГЕ ПАРАЛЛЕЛЬ ЕСЕПТЕУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ҚОЛДАНУ

Берілген жұмыста адамның тыныс алу жүйесінде ауаның тасымалдануын сандық модельдеуге параллель есептеу технологиясының қолданылуы қарастырылады. Тыныс алу мұрын арқылы жүретін болғандықтан, мұрын қуысындағы ауаның ағымын зерттеу қызығушылық туғызады.

Берілген жұмыста адам мұрны үшін мұрын қуысының көлденең қимасы моделінде ауаның таралуын Навье-Стокс тендеуі негізінде, температура тендеуі және салыстырмалы ылғал тендеуі үшін екі өлшемді сандық модельдеу жүргізілді. Берілген тендеулер жүйесінің сандық шешімін табу үшін физикалық параметрлер бойынша ыдырату схемасы қолданылды.

Бұл сандық алгоритм әртүрлі геометриялық декомпозициялар (1D, 2D и 3D) арқылы толық параллельденеді. Бұл жұмыста декомпозициясының әртүрлі әдістерінің тиімділігін есептеуге байланысты алдын-ала теориялық талдаулар жасалып, қойылған есепке шынайы есептеу эксперименті жүргізіліп, саланыдекомпозициялаудың ең тиімді әдісі анықталды. Ауаның адамның мұрын қуысы арқылы өтуіндегі сандық модельдеуден алынған жылдамдығы мен температурасы туралы деректер белгілі сандық нәтижелерімен тексерілді.

Түйінді сөздер: декомпозиция әдісі, тиімділіктің теориялық талдауы, үдеу, альвеолярлы жағдай, мұрын қуысында жылу алмасу, физикалық параметрлер бойынша ыдырату схемасы, ақырлы көлем әдісі.

Abstract

Issakhov A.A.¹, Abylkasymova A.B.²

^{1,2}Al-Farabi KazNU, Almaty, Kazakhstan

APPLICATION OF PARALLEL COMPUTING TECHNOLOGIES FOR NUMERICAL SIMULATION OF AIR TRANSPORT IN THE HUMAN RESPIRATORY SYSTEM

In this paper was considered the use of parallel computing technologies for numerical simulation of air transport in the human respiratory system. Investigation of air flow in the human nasal cavity is of considerable interest, since breathing is done mainly through the nose. In this study conducted a two-dimensional numerical simulation of air transport in the model cross-sections of the nasal cavity to normal human nose based on the Navier-Stokes equations, the equations for temperature and equation for relative humidity. For the numerical solution of this system of equations is used projection method. This numerical algorithm fully parallelized using different geometric decompositions (1D, 2D, and 3D). The work was made a preliminary theoretical analysis of the effectiveness of various methods of decomposition of the computational domain and the real numerical experiments for this problem, and has been determined the best domain decomposition method. The

obtained data transfer numerical modeling air human nasal cavity was verified with known numerical results in the form of velocity and temperature profiles.

Key words: decomposition methods, theoretical analysis of efficiency, speed-up, alveolar state, heat transfer in the nasal cavity, projection method, finite volume method.

1. Введение

Современная тенденция развития высокопроизводительных вычислительных машин открывает новые возможности для разработки высокоэффективных методов моделирования сложных задач с помощью многоуровневой декомпозицией и иерархическим распараллеливанием вычислений. Для большинства реальных физических процессов с большой вычислительной сеткой такой подход является практически единственным возможным способом, чтобы создать адекватную вычислительную модель объектов управления. К тому же, традиционные последовательные вычислительные машины и схем вычислений подошли к своему технологическому пределу. В то же время технологический прорыв в области создания средств межпроцессорных и межкомпьютерных коммуникаций позволяет реализовать эффективное управление в распределении вычислений по различным компонентам интегрированной вычислительной машины, что свою очередь является одним из ключевых свойств параллелизма.

Через носовую полость происходит первичное распознавание запахов, через него мы вдыхаем воздух, который переходит в альвеолярное состояние (нагревается там до физиологически нормальной температуры и полностью насыщается водяным паром). Они выполняют функции регуляторов всей воздушной циркуляции, создают нормальную температуру воздуха и полностью насыщают водяным паром, очищают и обеззараживают его. В норме воздушный поток проходит через нос со скоростью 6 л/мин, этот показатель может быть увеличен до 10 л/мин.

Однако носовая полость имеет в зависимости от причины возникновения, искривления и могут быть разделены как:

- физиологические;
- компенсаторные;
- травматические;

При вышеуказанном характере искривления, они негативно сказываются, в первую очередь, на затруднения дыхания. Носовое дыхание является очень важной, системной частью жизнедеятельности нашего организма и любые его нарушения рано или поздно вызывают отрицательные последствия для человеческого организма.

Основным методом устранения искривления носовой полости является хирургическая операция – септопластика. Однако надо отметить, что успешность хирургической операции в лучшем случае не превышает 80%, что приводит к повторной хирургической операции. А также хирургическая операция будет, зависеть от опыта и умелости самого хирурга. Естественно для увеличения процента успешности хирургической операции нужно будет точно сделать исправления носовой полости. Так как до хирургического вмешательства за счет рентгеновских снимков можно будет оценить характер искривления и с помощью численного моделирования можно будет заранее исправить и оптимизировать носовую полость. Зная предварительно точное исправление носовой пазухи, хирург может увеличить процент успешности проводимой хирургической операции, что соответственно уменьшит процент повторной операции.

Носовая полость уравнивает вдыхаемый воздух с внутренним состоянием тела с удивительной эффективностью. В работах Коула [1], Инглестедта [2] и Вебба [3] были достигнуты общие согласия, что вдыхаемый воздух через носовую полость достигает альвеолярного состояния (полностью насыщен парами воды и при нормальной температуре тела) к тому времени, когда она достигает глотки, и это практически не зависит от состояния окружающего воздуха, поступившего через ноздри. Эти результаты, также были получены в работе Фарли и Пател [4], которые собирали в естественных условиях данные с показаниями температуры воздуха вдоль верхних дыхательных путей, а также в работе Ханна и Шерер [5], отражаются измерения локальных коэффициентов массообмена на гипсовой модели верхних дыхательных путей человека. Тем не менее, в работе МакФаден [6] отметил, что выводы справедливы и для спокойного дыхания, в некоторых обстоятельствах при высоких уровнях вентиляции, кондиционирование дополнительного воздуха должно происходить во внутригрудных дыхательных путях для того, чтобы полностью обуславливать вдыхаемый воздух в альвеолярном состоянии.

Многочисленные исследования были направлены на оценку увлажнения и регулирования температуры носовой полости. Однако математические модели были основаны на осесимметричных трубках или занятых квазистационарных потоках [7]. Как правило, эти работы подтвердили мнение, что в нормальных

условиях есть достаточно времени для нагрева и увлажнения воздуха в носовой полости. Кроме того, лекарства также как хирургические процедуры в настоящее время используются с возрастающей скоростью для восстановления структуры и функций носовой полости [8]. Например, ароматические ингаляции используются для улучшения воздушного потока и для уменьшения скопления, а также процедуры ринопластики используются для преодоления травмы или эстетических деформаций. Эти искусственные вмешательства вызывают локальные изменения, и могут повлиять на эффективность транспортных явлений воздуха. Однако, точные интраназальные характеристики и распределение транспортных явлений пока еще неизвестны даже для нормального (или здорового) состояния [15, 16].

Экспериментальное исследование носовой полости является практически невозможным, из-за сложной внутренней структуры и размеров, т.е. введение любого измерительного прибора или зонда вызывает дополнительное возмущение потока. Поэтому математическое моделирование является одним из единственных подходов для изучения течения воздуха в носовой полости.

2. Постановка физической задачи

Воздушный поток через структуру носовой полости проходит очень сложный путь. Сложная структура носовой полости и полный трехмерный анализ потока пара, передача тепла во внутренней части слизистой оболочки носовой полости требует значительных вычислительных ресурсов, которые препятствуют систематическому анализу соответствующих факторов (Рис.1).

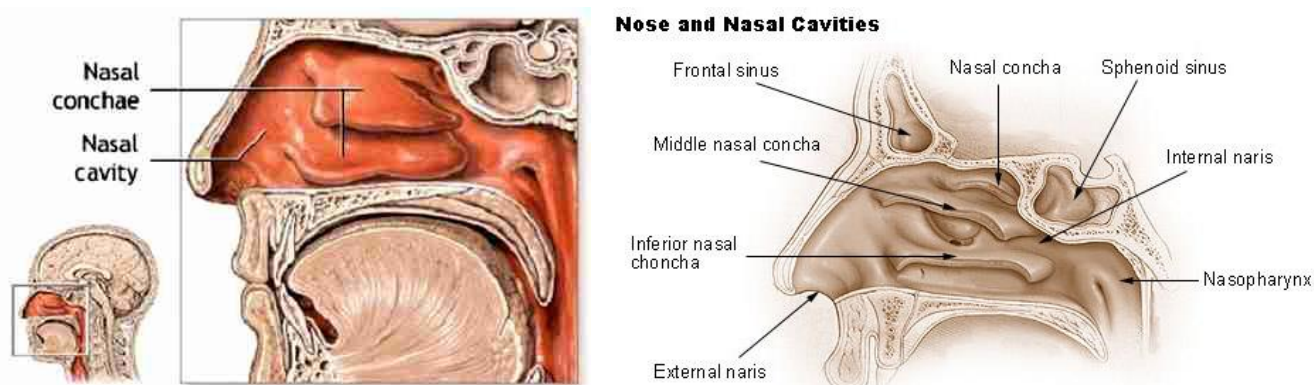


Рисунок 1. Модель носа при продольном сечении

С учетом имеющихся вычислительных ресурсов, комплексное исследование транспортных механизмов проводилось в двумерном виде, через поперечные сечения носа.

Дополнительно для численного моделирования делаются следующие предположения:

- Стенки носовой полости и носовых раковин предполагаются неподвижно твердыми.
- Течение воздуха в носовой полости рассматривается как ламинарное течение, и воздух как несжимаемую среду (так как числа Рейнольдса и Маха очень маленькие).
- Скорости на стенках полости принимаются как нулевые ($u = 0$, $v = 0$).
- Стенки носовой полости считаются полностью насыщенными парами воды, и температура вблизи тела из-за влажного слизистого слоя доходит до васкулярных сосудов носовой стенки.

Тонкие особенности носа не имеют точных размеров, т.к. существуют различия в структуре носовой полости у здоровых людей, поэтому практически невозможно определить точную модель «нормального носа». Таким образом, разрабатывается упрощенная модель носа, где выявляются основные существенные признаки носовой полости. Размеры взяты из усредненных данных носовой полости человека (Рис. 2). Физической областью задачи является второе поперечное сечение (Рис. 2(с) «-2-»), которое имеет важное значение для исследования, т.к. именно в этой области протекает значимая доля воздушного потока, а также имеет сложную структуру, благодаря которой выполняются основные функции носовой полости.

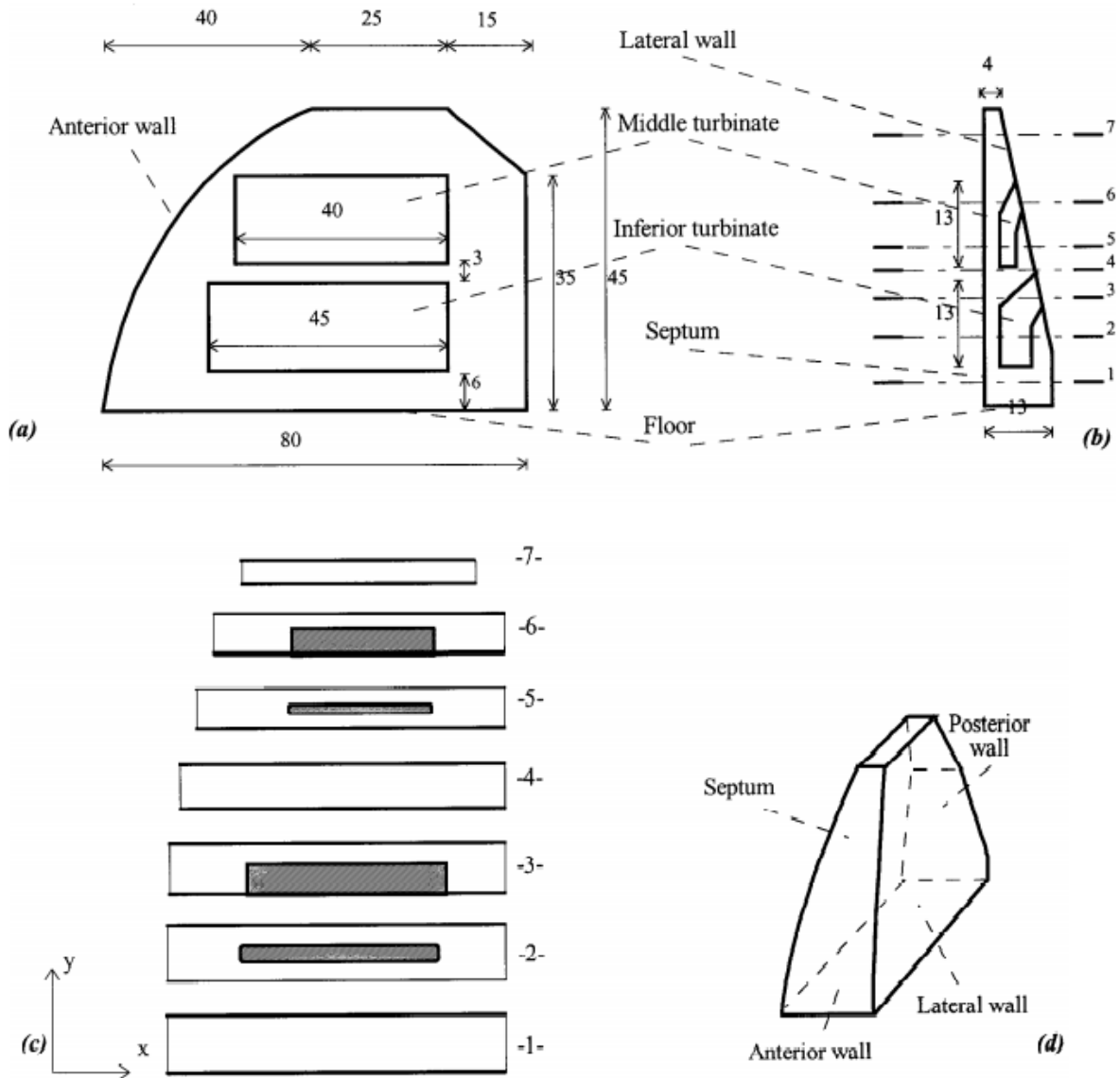


Рисунок 2. Упрощенная модель носа: а) продольное сечение, б) коронарное сечение, в) поперечные сечения на высоте $h=3, 13, 17, 20, 26, 33, 40$ мм от нижней точки носовой полости, д) перспективный вид

Математическая модель построена на основе уравнений Навье-Стокса, включающие уравнение неразрывности, уравнение движения, а также дополнительно используется уравнение энергии (температуры) и уравнения для относительной влажности [11, 12, 13].

$$\nabla U = 0,$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} + (U \cdot \nabla)U = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \nu \nabla^2 U,$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + (U \cdot \nabla)T = \frac{k}{\rho c_p} \nabla^2 T,$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} + (U \cdot \nabla)C = D \nabla^2 C$$

где U - вектор скорости, t - время, p - давление, ν - кинематическая вязкость, T - температура, C -

влажность, c_p - удельная теплоемкость среды при постоянном давлении, k - коэффициент теплопроводности, ρ - плотность, D - коэффициент молекулярной диффузии.

Мгновенная скорость на входе в каждом поперечном сечении предполагается, что имеет параболический профиль с максимальной скоростью $(U_{in}^M)_{\max}$, которая изменяется в течение дыхательного цикла. В работе Хирардин и др. [18] проведены измерения с помощью лазерной анемометрии в модели носа человека и были обнаружены, что поле течения в основном имеют слоистые параболические профили скорости в любом поперечном сечении. В состоянии покоя, нормальный взрослый человек дышит объемом около $V_T = 0.5L$ (вдох и выдох) $f = 15$ раз в минуту при средней скорости потока около 0,125 л/с в каждую ноздрю. Соответственно, мгновенное распределение скорости на входе U_{in}^M в направлении x задается в следующем виде:

$$u_{in}(t, x = 0, y) = (U_{in}^M)_{\max} \left[2 \sin^2 \frac{\pi t}{2} - 1 \right] \times \frac{(12y - y^2)}{36}$$

Входные граничные условия для температуры и относительной влажности внешнего воздуха задается в следующем виде:

$$T_{in}(t, x = 0, y) = 25^\circ C, C_{in}(t, x = 0, y) = 0.0047 \text{ kg } H_2O / m^3$$

На стенках носовой полости и носовой раковины:

$$u_{wall}(t, x, y) = 0, v_{wall}(t, x, y) = 0, T_{wall}(t, x, y) = 37^\circ C, C_{in}(t, x, y) = 0.0438 \text{ kg } H_2O / m^3$$

Начальные условия задаются в таком виде:

$$u_0(t = 0) = 0, T_0(t = 0) = 32^\circ C., C_0(t = 0) = 0.0235 \text{ kg } H_2O / m^3.$$

3. Численный алгоритм

Для численного решения данной системы уравнений используется схема расщепления по физическим параметрам [14, 17]. Уравнения дискретизируются методом конечных объемов [9, 10, 14]. На первом этапе предполагается, что перенос количества движения осуществляется только за счет конвекции и диффузии, и методом Рунге-Кутты четвертого порядка вычисляется промежуточное поле скоростей [13]. На втором этапе, по найденному промежуточному полю скорости, находится поле давления. Уравнение Пуассона для поля давления решается методом Якоби. На третьем этапе предполагается, что перенос осуществляется только за счет градиента давления. На четвертом этапе вычисляются уравнения для температуры методом Рунге-Кутты четвертого порядка. На пятом этапе вычисляются уравнения для относительной влажности, также решается методом Рунге-Кутты четвертого порядка [13, 15, 16].

4. Алгоритм распараллеливания

Для проведения численного моделирования была построена вычислительная сетка с помощью программного комплекса PointWise. Поставленная задача запускалась на программном комплексе ITFS-МКМ с использованием высокопроизводительного кластера. Данный численный алгоритм полностью распараллеливается с помощью различных геометрических декомпозиций (1D, 2D и 3D). Геометрическое разбиение вычислительной сетки выбирается в качестве основного подхода параллелизации. В этом случае есть три различных способа обмена значений сеточной функции на вычислительных узлах одномерной, двумерной и трехмерной сетки. После стадии декомпозиции, когда на отдельных блоках выполняется построение параллельного алгоритма, мы переходим к отношениям между блоками, расчеты на которых будут выполняться параллельно на каждом процессоре. Для этой цели численное решение системы уравнения использовались явная схема, так как данная схема очень хорошо распараллеливается. Для того чтобы использовать метод декомпозиций в качестве метода распараллеливания данный алгоритм использует пограничные узлы каждого субдомена, в котором необходимо знать значение функции сетки, граничащей с соседними элементами процессора. Для достижения этой цели в каждом вычислительном узле в фиктивных точках хранятся значения из соседних вычислительных узлов, и организовывается передача этих граничных значений, необходимых для обеспечения однородности расчетов для явных формул (рис. 3).

Передача данных осуществляется с использованием процедур библиотеки MPI [19, 20]. Прodelывая предварительные теоретические анализы эффективности различных методов декомпозиции расчетной области для данной задачи, мы будем оценивать время параллельной программы как время последовательной программы T_{calc} , разделенной на число используемых процессоров, плюс время передачи $T_p = T_{calc} / p + T_{com}$. В то время как передачи для различных способов декомпозиции можно приближенно выразить через объем пропускной способности:

$$T_{com}^{1D} = t_{send} 2N^2 x 2$$

$$T_{com}^{2D} = t_{send} 2N^2 x 4p^{1/2} \tag{1}$$

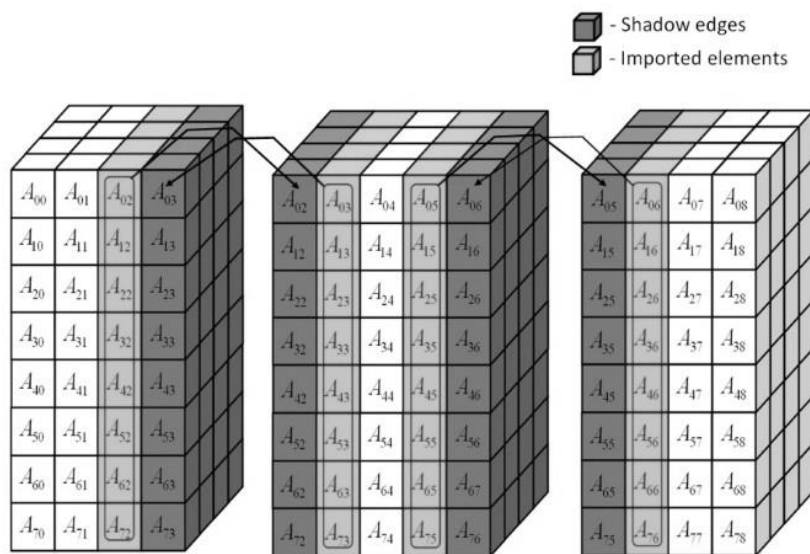
$$T_{com}^{3D} = t_{send} 2N^2 x 6p^{2/3}$$

где N^3 - число узлов в вычислительной сетки, p - количество процессоров (ядер), t_{send} - время отправки одного элемента (числа).

Следует отметить, что для различных способов декомпозиции затрата на передачу данных может быть представлена как $T_{com}^{1D} = t_{send} 2N^2 x k(p)$ в соответствии с формулой (1), где $k(p)$ - коэффициент пропорциональности, зависящий от метода разложения и количества используемых элементов обработки.

В таблице 1 приведены числовые значения $k(p)$. Мы можем видеть, что если $p > 5$ и при использовании 3D декомпозиции данный алгоритм является более эффективным, а при $p > 11$ и при использовании 3D декомпозиции необходимое время отправки между процессорами значения функции $u_{i,j,k}^{n+1}$, $v_{i,j,k}^{n+1}$, $w_{i,j,k}^{n+1}$, $p_{i,j,k}^{n+1}$ в узле с меньшим количеством элементов будет ожидаться, что потраченное время на передачу данных будет минимальным.

Все расчеты проводились на кластерных системах T-Cluster и URSA при механико-математическом факультете, КазНУ имени аль-Фараби с использованием вычислительных сеток размерами $128 \times 128 \times 128$ и $256 \times 256 \times 256$. Вычислительные эксперименты проводились при использовании до 250 процессоров. Результаты вычислительного эксперимента показали наличие хорошей скорости при решении задач данного класса. Они в основном сфокусированы на дополнительных передачах и расчетах времени для различных методов декомпозиции.



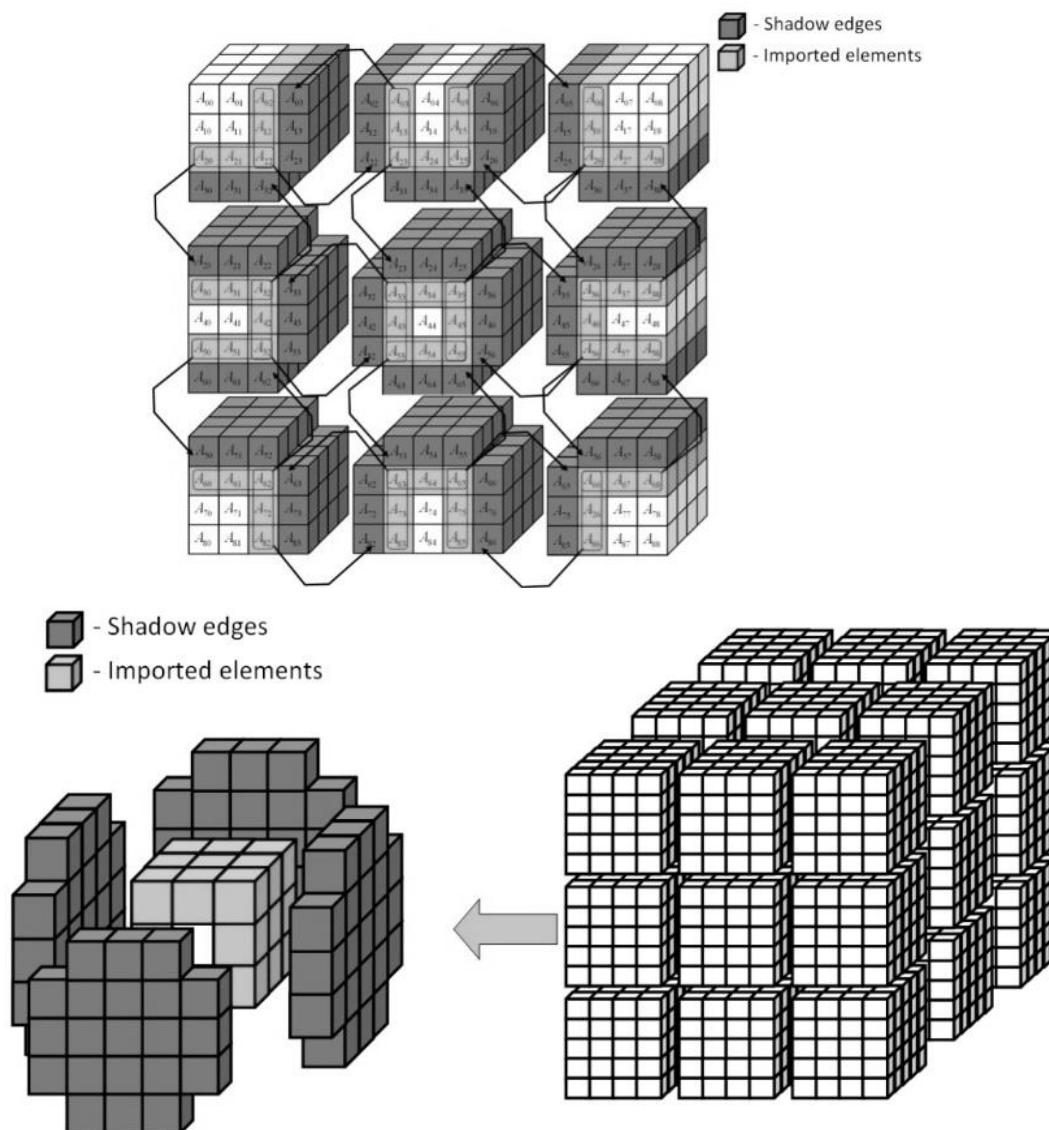


Рисунок 3. Различные методы декомпозиции. Схемы механизмов для обмена 1D, 2D и 3D декомпозиций

На первом этапе было использована одна общая программа, размер массива от запуска к запуску не изменились, каждый элемент процессора нумеруется массивом элементов, начиная с нуля. Несмотря на то, что в соответствии с теоретическим анализом 3D декомпозиция является наилучшим вариантом для распараллеливания (Рис. 4), вычислительные эксперименты показали, что лучшие результаты были достигнуты при использовании 2D декомпозиции, когда число процессов варьируется от 25 до 144 (Рис. 4).

Таблица 1. Зависимость коэффициента пропорциональности $k(p)$ от количества элементов процессора и метода декомпозиции

Количество процессов	3	4	5	6	10	11	12	16	60	120	250
1D декомпозиция	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2D декомпозиция	2,31	2,00	1,79	1,63	1,26	1,20	1,15	1,00	0,51	0,36	0,25
3D декомпозиция	2,88	2,38	2,05	1,82	1,29	1,21	1,14	0,94	0,39	0,24	0,15

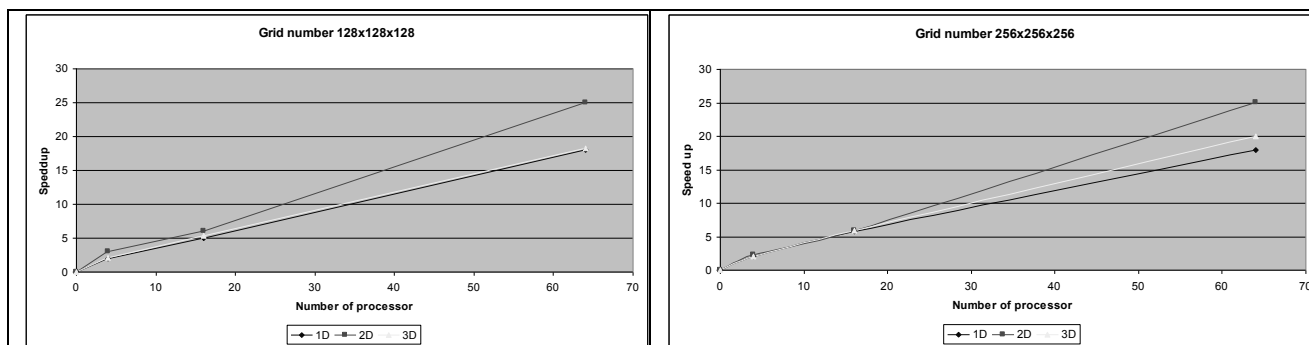


Рисунок 4. Ускорения для различных способов декомпозиции расчетной области

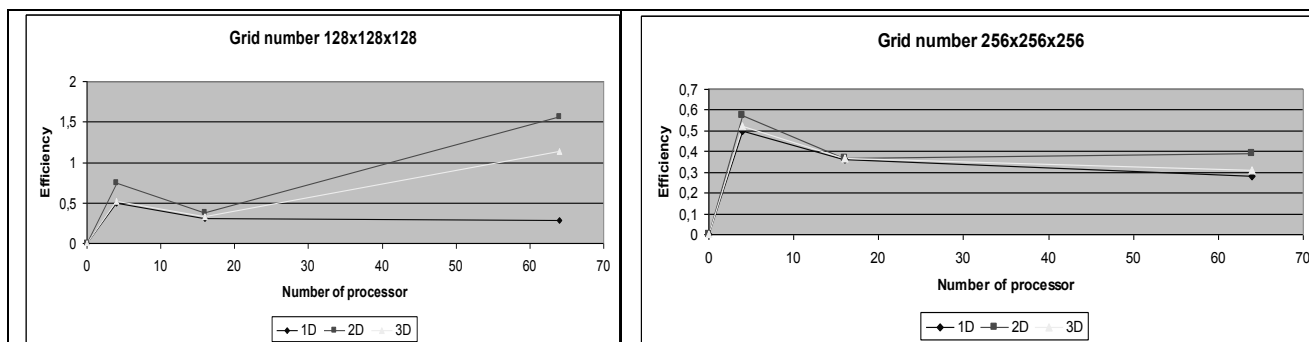


Рисунок 5. Эффективность для различных способов декомпозиции расчетной области

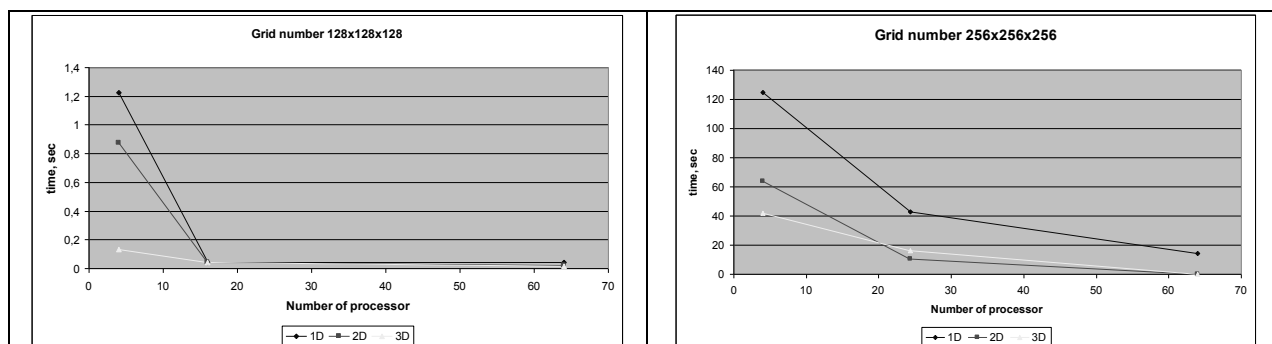


Рисунок 6. Время вычисления без учета стоимости передачи данных для различных методов декомпозиции

На основе предварительного теоретического анализа графиков можно отметить следующий характер. Время вычисления без затрат на межпроцессорные связи при различных способах декомпозиции должно быть примерно одинаковым для того же числа процессоров и сокращаться на T_{calc} / p . В действительности, расчетные данные (Рис. 5) показывают, что при использовании 2D-декомпозиции на различных вычислительных сетках дает минимальную затрату для расчета и графики затрат в зависимости от времени вычисления на нескольких взятых процессорах значительно выше, чем T_{calc} / p (Рис. 6).

Для объяснения этих результатов необходимо обратить внимание на допущения, которые были сделаны в ходе предварительного теоретического анализа эффективности для данной задачи. Во-первых, предполагалось, что независимо от распределения данных на один процессорный элемент, выполнен тот же объем вычислительной работы, что должно привести к одинаковым затратам времени. Во-вторых, были предположены, что время, затраченное на межпроцессорные отправки любой степени того же объема данных, не зависят от их выбора памяти. Для того, чтобы понять, что происходит в действительности, были проведены следующие наборы тестовых вычислительных расчетов. Для оценки рассматривалась последовательность первого подхода, когда программа выполняется в версии с одним процессором, и, таким образом, имитирует различные способы геометрической декомпозиции данных для того же объема вычислений, выполняемых каждым процессором.

5. Результаты численного моделирования

В результате численного моделирования аэродинамики носовой полости человека получены следующие данные. А также для проверки данного численного алгоритма использовались данные расчетов из статьи [1], где описаны профили продольной компоненты скорости и температуры в трех поперечных сечениях: на расстоянии $x_1 = 17\text{мм}$ и $x_2 = 49\text{мм}$ от входа (Рис.7). Для численного моделирования использовались соответствующие, параметры для воздушных констант: $\rho = 1.12\text{кг}/\text{м}^3$, $\mu = 1.9 \times 10^{-5}\text{кг}/\text{мс}$, $c_p = 1005.5\text{Дж}/\text{кгК}$, $k = 0.0268\text{Вт}/\text{мК}$, $D = 2.6 \times 10^{-5}\text{м}^2/\text{с}$.

На рисунке 8 показано сравнение профилей для x_1 и x_2 продольной составляющей скорости результатов расчета и данных из статьи Naftali и др. [1]. На рисунке 9 показано сравнение профилей температуры для сечений x_1 и x_2 с работой [1]. На рисунке 10 показаны профили относительной влажности для сечений x_1 и x_2 . На всех рисунках представлены численные результаты были обезразмерены.

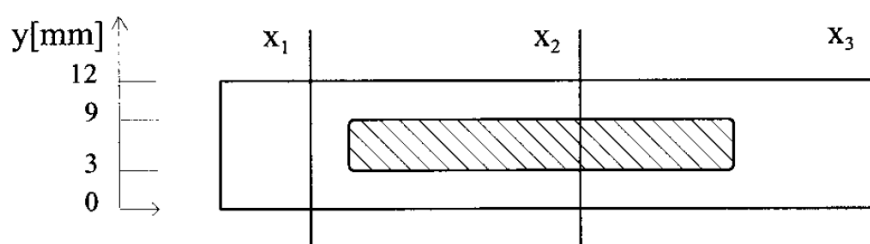


Рисунок 7. Оценка в трех локациях для температуры и скорости для поперечного сечения

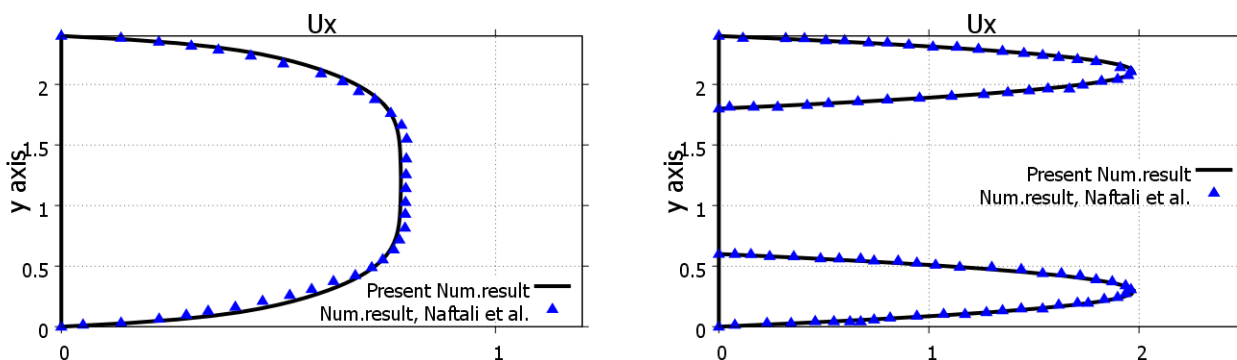


Рисунок 8. Сравнения профили составляющей скорости для сечений $x_1 = 17\text{ мм}$ и $x_1 = 49\text{ мм}$ с результатами расчетов из статьи [1]

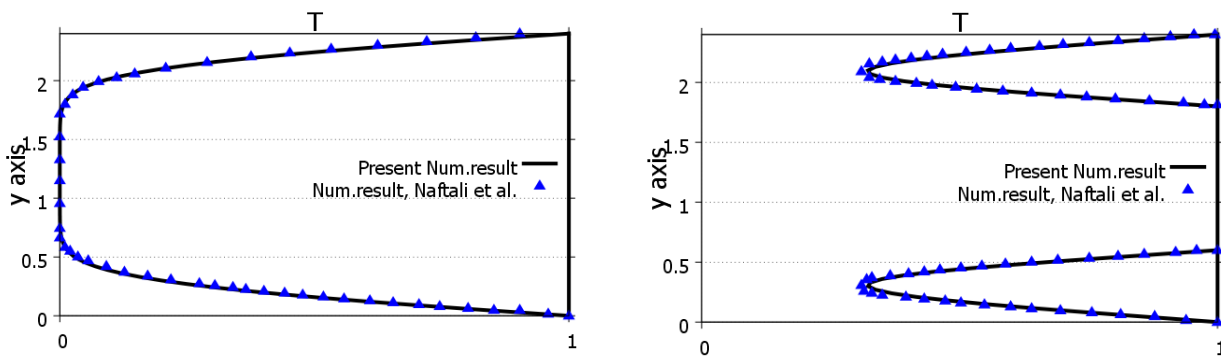


Рисунок 9. Сравнения профилей температуры для сечений $x_1 = 17\text{ мм}$ и $x_1 = 49\text{ мм}$ с результатами расчетов из статьи [1]

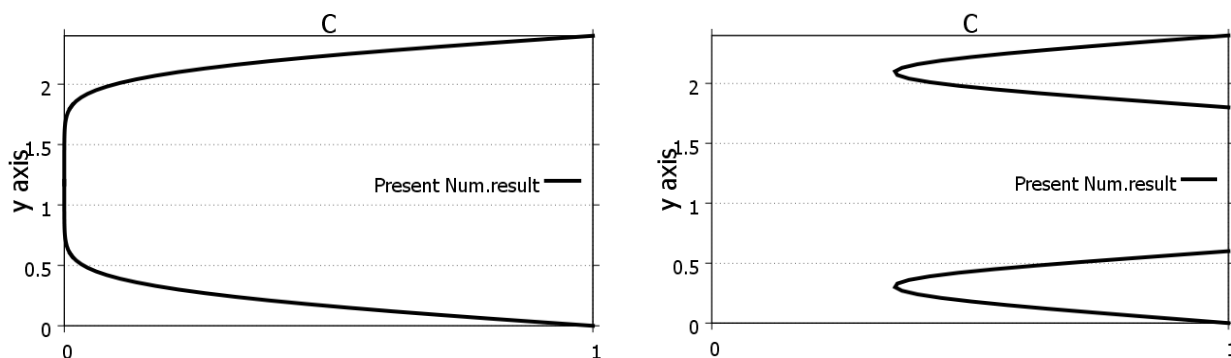


Рисунок 10. Профили относительной влажности для сечений $x_1 = 17$ мм и $x_1 = 49$ мм.

Из рисунков можно заметить, что при прохождении в узких местах носовой полости воздух нагревается вниз по течению, а также увеличивается относительная влажность. А также из рисунка 9 можно увидеть, что за носовой перегородкой температура увеличивается и к носоглотке температура воздуха греется до альвеолярного состояния. А при низкой температуре окружающей среды относительная влажность играет очень важную роль.

6. Заключение

Таким образом, для явных численных методов для решения системы уравнения Навье-Стокса, уравнения для энергии (температура) и уравнения для относительной влажности могут быть применены одномерная, двух- и трехмерная декомпозиции. Но результаты программ тестирования показали, что 3D декомпозиция не является выигрышной во времени по сравнению с 2D декомпозицией, для числа процессоров, не превышающих 250, а 3D декомпозиция имеет более трудоемкую программную реализацию и использование 2D-декомпозиции является достаточным для масштабов поставленной задачи. А также в ходе исследования носовой полости можно сделать следующие выводы, что стенки носовой полости способствуют нагреву воздуха и появлению вихрей, которые имеют немаловажное значение для перехода воздуха в альвеолярное состояние, перед тем как попасть в носоглотку. А также немаловажную роль играет, относительная влажность в носовой полости, так как при низких температурах окружающей среды за счет влажности идет нагревание входного воздуха. Исследования движения воздуха в носовой полости являются актуально значимыми, так как в настоящее время, по разным причинам увеличивается число людей с проблемами носового дыхания данная проблема разрешается хирургическим путем, где важно оптимально оперировать структуру носа, так чтобы носовая полость правильно функционировала, поскольку нормальное дыхание должно осуществляется с помощью носа.

Список использованной литературы:

1. Cole P. Some aspects of temperature, moisture and heat relationships in the upper respiratory tract // *J. Laryngol. Otol.* 67. – 1953. - 669–681 pp.
2. Ingelstedt S. Studies on conditioning of air in the respiratory tract // *Acta Oto-Laryngol. Suppl.* 131. - 1956. - 1–80 pp.
3. Webb P. Air temperatures in respiratory tracts of resting subjects // *J. Appl. Physiol.* 4. - 1951. - 378–382 pp.
4. Farley R.D., and Patel K.R. Comparison of air warming in human airway with thermodynamic model // *Med. Biol. Eng. Comput.* 26. - 1988. - 628–632 pp.
5. Hanna L.M., and Scherer P.W. Measurement of local mass transfer coefficients in a cast model of the human upper respiratory tract // *J. Biomech. Eng.* 108. - 1986. - 12–18 pp.
6. McFadden E.R. Respiratory heat and water exchange: Physiological and clinical implications // *J. Appl. Physiol.* 54. - 1983. - 331–336 pp.
7. Naftali S., Schroter R.C., Shiner R.J., Elad D. Transport Phenomena in the Human Nasal Cavity: A Computational Model // *Annals of biomedical engineering.* -1998. - 831-839 pp.
8. Maran A.G.D., and Lund V.J. *Clinical Rhinology* // New York: Thieme Medical. - 1990.
9. Андерсон Д., Таннехилл Дж., Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. М.: Мир, 1990. Т. 2. - 337 с.
10. Андерсон Д., Таннехилл Дж., Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. М.: Мир, 1990. Т. 1 – 384 с.
11. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей. – Москва: Мир, - 1991., Т.2. – 552с.
12. Роуч П. Вычислительная гидродинамика. - М.: Мир, 1972. 612 с.
13. Chung T.J. *Computational fluid dynamics.* 2002. p.1034.

14. Issakhov A., *Mathematical modeling of the discharged heat water effect on the aquatic environment from thermal power plant* // *International Journal of Nonlinear Science and Numerical Simulation*, – 2015, 16(5), pp. 229–238, doi:10.1515/ijnsns-2015-0047.

15. Issakhov A., *Mathematical modeling of the discharged heat water effect on the aquatic environment from thermal power plant under various operational capacities* // *Applied Mathematical Modelling*, –2016, Volume 40, Issue 2, pp. 1082–1096 <http://dx.doi.org/10.1016/j.apm.2015.06.024>.

16. Issakhov A. *Large eddy simulation of turbulent mixing by using 3D decomposition method* // *J. Phys.: Conf. Ser.* – 2011 318(4), pp. 1282–1288, doi:10.1088/1742-6596/318/4/042051.

17. Chorin A.J. *Numerical solution of the Navier-Stokes equations* // *Math. Comp.* –1968, 22, pp. 745–762.

18. Girardin, M., Bilgen E. and Arbour P. *Experimental study of velocity fields in a human nasal fossa by laser anemometry*. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.* 92:231–236, 1983.

19. Karniadakis G.E., Kirby II R.M. *Parallel Scientific Computing in C++ and MPI: A Seamless Approach to Parallel Algorithms and their Implementation*. Cambridge University Press, p. 630, 2000.

20. Pacheco P. *Parallel Programming with MPI*. Morgan Kaufmann, p. 500, 1996.

УДК 004.421

ГРНТИ 50.05.19

А.Р. Тұрғанбаева¹, Г.К. Калиева²

¹п.э.к., Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің доценті, Алматы қ., Қазақстан

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, «Информатика» мамандығының магистранты, Алматы қ., Қазақстан

ГЕНЕТИКАЛЫҚ АЛГОРИТМДЕРДІҢ ТӘЖІРИБЕДЕ ҚОЛДАНЫЛУЫ

Аңдатпа

Қазіргі таңда шешім қабылдауды автоматтандыруға байланысты, ғылым салаларының қарқынды дамуы байқалады. Сонымен қатар, оңтайландыру, үлестірілген және параллель жүйелерді жүзеге асыру есептері барынша өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Бұлар қарапайым математикалық әдістермен де жүзеге асырылады, алайда кейбір есептерге бірталай қосымша уақыт пен көлемді ресурстарды қолдану қажет болғандықтан, олар ерекше тәсілді, алгоритмді талап етеді. Олардың қатарына генетикалық алгоритмдерді жатқызуға болады. Бұл күндері генетикалық алгоритмдер есепті шешуде болашағы зор әдістерден қолжетімді, ыңғайлы және кеңінен қолданылатын әдіске айналып отыр.

Бұл мақалада эволюциялық есептеулерге байланысты генетикалық алгоритмдердің құрылымы және өзектілігі көрсетілген. Олардың артықшылығы, тиімділігі мен қолдану аясы туралы мағлұмат берілген. Генетикалық алгоритмнің жұмыс жасау принципі жете баяндалған.

Түйінді сөздер: биологиялық эволюция, эволюциялық есептеу, генетикалық алгоритмдер, оңтайлы шешімдер, оңтайлы әдістер, популяция, дарақ, жаңа ұрпақ.

Аннотация

А.Р. Тұрғанбаева¹, Г.К. Калиева²

¹к.п.н., доцент Казахского национального университета имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

²магистрант 2-курса по специальности «Вычислительная техника и программное обеспечение»

Казахского национального университета имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ НА ПРАКТИКЕ

В настоящее время происходит стремительное развитие отраслей науки, связанных с автоматизацией принятия решений. А также все более актуальными становятся задачи оптимизации, реализации распределенных и параллельных систем. Они могут быть реализованы простыми математическими методами, но так как для некоторых задач потребуется значительное время и объем ресурсов, для них существуют особые методы и алгоритмы. К их числу относятся генетические алгоритмы. На сегодняшний день генетические алгоритмы перешли из перспективных методов решения задач в доступные, удобные и широко применяемые методы.

В этой статье рассмотрены генетические алгоритмы, связанные с эволюционными вычислениями, раскрыта их актуальность. Приводятся сведения об их эффективности, преимуществах и сфере применения. Подробно изложен принцип работы генетического алгоритма.

Ключевые слова: биологическая эволюция, эволюционная вычисления, генетические алгоритмы, оптимальные решения, оптимальные методы, популяция, особь, новое поколение.

Abstract

Turganbayeva A.R.¹, Kalieva G.K.²

¹Cand. Sci. (Pedagogical), Associate Professor of Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Student of Master Programme inof Computer Science of Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

APPLICATION OF GENETIC ALGORITHMS IN PRACTICE

At the present time there is a rapid development of the branches of science related to the automation of decision-making. And also, optimization problems, the implementation of distributed and parallel systems become more and more urgent. They can be implemented by simple mathematical methods, but since for some tasks it will take considerable time and resources, for them there are special methods and algorithms. And they include genetic algorithms. Genetic algorithms have moved from promising methods of solving problems to accessible and widely used methods.

In this article, a genetic algorithm associated with evolutionary calculations is considered, its relevance is disclosed. Information on its effectiveness, advantages and scope is given. The principle of the genetic algorithm is described in detail.

Keywords: biological evolution, evolutionary computation, genetic algorithms, optimal solutions, optimal methods, population, individual, new generation.

Соңғы жылдары айтарлықтай практикалық мәселелерді шешуге, тиімді өзін-өзі оқыту жүйелерін дамытуға, оңтайлы шешімдерге қол жеткізу үшін биологиялық эволюция тетіктерін пайдалану мүмкіндіктерін зерделеу қызығушылығы артты. Жаңа термин – эволюциялық есептеу пайда болды, ол компьютерде модельденетін жасанды эволюцияның барлық ғылыми-зерттеу бағыттарын біріктіреді. Осы салалар арасында генетикалық алгоритмдер басты рөлде, эволюциялық стратегиялар мен эволюциялық программалау, көптеген практикалық мәселелерді шешуде тиімді екенін дәлелдеді.

Классикалық әдістерге қарағанда, мысалы, қателерді рекурсивті болжау әдістері, Ньютон-Рафсон әдісі, эволюциялық алгоритмдер көптеген(популяция) өзара бәсекелес болатын есептің сыналатын шешімдерін пайдаланады. Іздеу кеңістігінің бір немесе бірнеше аймақтарына тоғысатын көптеген өзара байланыстағы стохастикалық траектория бойынша бір мезгілді қозғалыс жүреді. Нақты жағдайда, мақсатты функция кездейсоқ ауытқумен өзгереді, бұл қасиет эволюциялық алгоритмдерге қолайлы оңтайлы шешімдер табуға мүмкіндік береді. Нәтижесінде, биологиялық эволюцияға тән механизмді пайдаланып, кең ауқымды шарттарда эффективті болатын алгоритм құруға мүмкіндік туады[1].

Генетикалық алгоритмдер биологиялық жүйенің жұмыс істеуін бақылау нәтижесінде пайда болған. Генетикалық алгоритм – бұл бейімді іздеу әдісі, аналитикалық шешімі жоқ немесе болмаса күрделі мәселелерді шешу, биологиялық эволюция механизмдері секілді жүйелі таңдау мен ізделінді параметрлерді топтастырып, қанағаттанарлық шешімді табуға мүмкіндік береді.

Генетикалық алгоритм туралы алғашқы басылым Н.А. Баричеллиге тиесілі. Оның "Symbiogenetic evolution processes realised by artificial methods" (1957 ж.), "Numerical testing of evolution theories" (1962 ж.) еңбектері табиғатқұрым қуалаушылық феноменін түсінуге бағытталған. 1966 жылы Л.Дж. Фогель, А.Дж. Оуэнс, М.Дж. Уолш символдарды сандық ретпен болжайтын жай автоматтар эволюциясын ұсынып, зерттеген.

Генетикалық алгоритмдер теориясының қазіргі заманғы атасы саналатын Д.Х. Холландтың 1975 жылы жарық көрген атақты «Adaptation in Natural and Artificial Systems» кітабында сұлбалар теоремасын ұсынды. Ол генетикалық алгоритмдердің тіркелген параметрлер жиынымен жинақталған аналитикалық негіздеуі екенін және де генетикалық операторлардың негізгі идеясы мен репродуктивті жоспарын ұсынды. Кітабында алғаш рет "генетикалық алгоритм" терминін енгізген және генетикалық алгоритмнің классикалық схемасын ұсынған. Сонымен қатар, Д.Х. Холландты табиғи жүйелердің бейімделуі қызықтырды, ал арманы кез келген қоршаған орта жағдайларына бейімделе алатын жүйе құру болды.

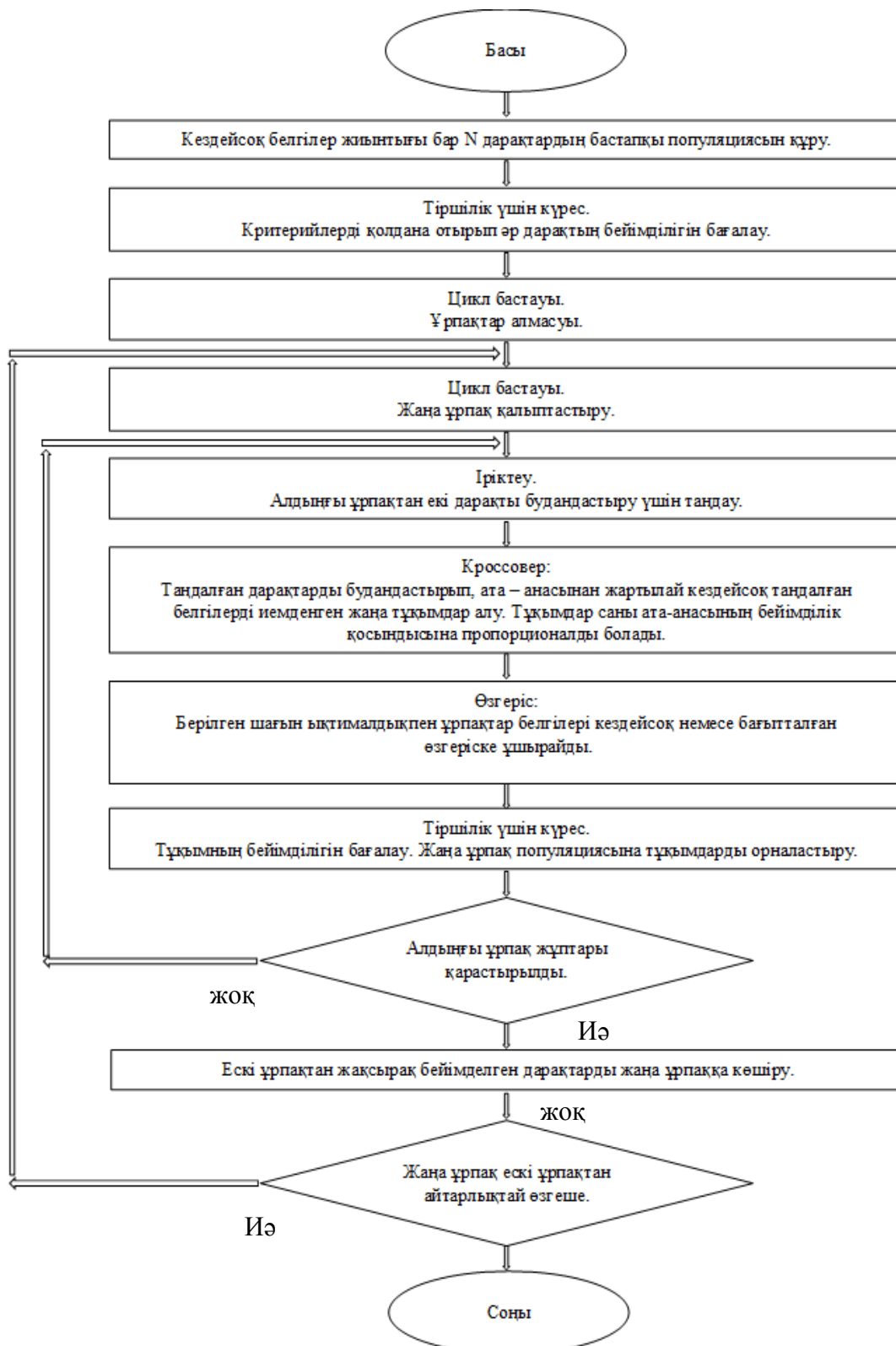
Қазақстанда генетикалық алгоритмге қызығушылық соңғы жылдары артуда. Көптеген ұлттық университеттерде, зерттеу орталықтарында генетикалық алгоритм қолданылатын жұмыстар аз емес. Солардың бірі Н.Б. Калиеваның, А.М. Касенханның, А.С. Солонуханың және т.б. көптеген ғылыми жұмыстарда қолданыс тапқан[2-4].

Дәстүрлі аналитикалық әдістер нақты сандарды пайдаланатын болса, адам шешімі математикада нақты емес жиындар түрінде берілуі мүмкін. Нақты емес жиындар лингвистикалық айнымалылар тұжырымдамасының негізін құрады, олардың белгілері сөздер емес, сандар болады. Осындай айнымалылармен генетикалық алгоритмдер жұмыс жасай алады. Генетикалық алгоритмдер артықшылығы, олар тек бір ғана дәлдік немесе нақты шешім ғана емес, ең жақсы шешім таңдап алуға болатын, барлық мүмкін шешімдер тобын іздестіреді. Ұқсас барлық кіріс деректер кластерлерге үлестіріледі, осылайша генетикалық алгоритмдерді өте көп параметрлі есептерде қолдануға болады.

Генетикалық алгоритмнің жұмыс істеу принципі [5]. Генетикалық алгоритм есептің шешімін кодтап отырған жолдарды ұсынатын, дарактар (популяция) жиынтығымен жұмыс істейді. Осы қасиетімен

генетикалық алгоритмдер тек бір шешіммен жұмыс жасап, жетілдіре беретін басқа оңтайландыру алгоритмдерінен ерекшеленеді. Бейімділік функциясы көмегімен дарақты популяция арасында ерекшелейді:

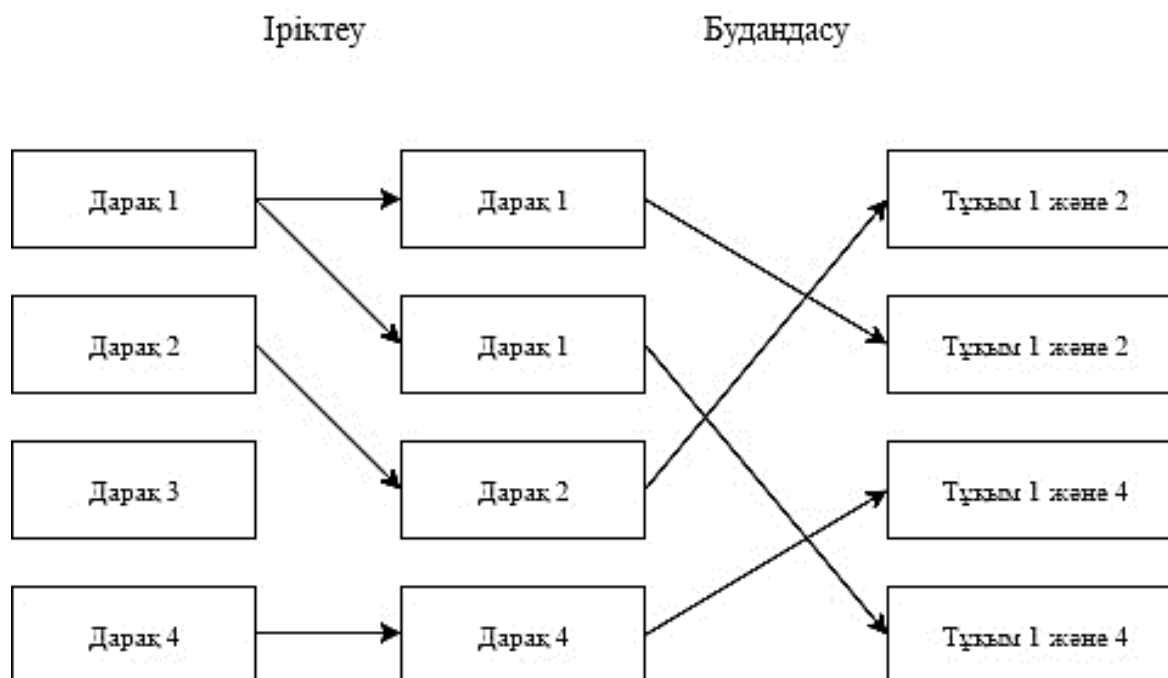
- айрықша бейімділерін (ең сай келетін шешім), олар будандасу мен ұрпақ тарату мүмкіндігін алады;
- ең әлсіздері (нашар шешім), олар популяциядан жойылып, ұрпақ таратпайды. Осылайша, жаңа ұрпақ өткен ұрпаққа қарағанда бейімділігі жоғары болады. Бұл 1-суретте көрсетілген.



Сурет 1. Популяцияның қалыптасу алгоритмі

Алгоритм қадамы негізгі 3 сатыдан тұрады:

1. Ағымдағы ұрпақты іріктеу (*selection*) арқылы, аралық популяцияны генерациялау (*intermediate generation*).
2. Жаңа ұрпақты қалыптастыру, аралық популяцияны дарақтарға кроссовер (*crossover*) қолдану арқылы будандастыру (*recombination*).
3. Жаңа ұрпақтың өзгеріске ұшырауы. Бастапқы екі саты 2-суретте көрсетілген.



Сурет 2. Бастапқы екі саты: іріктеу мен будандасу

Іріктеу. Аралық популяция – бұл көбеюге құқы бар дарақтар жинағы. Айрықша бейімді дарақтар осы жиынға бірнеше рет жазылуы мүмкін, ал ең әлсіздерінің мүлдем түспеу ықтималдығы жоғары. Іріктеуді жүзеге асырудың бірнеше тәсілдері бар:

– Стохастикалық таңдау (*stochastic sampling*). Әрбір дарақ рулетка дөңгелегінде оның бейімділігіне пропорционал болатын сектор мөлшерінде орналасқан болсын. Рулетканы N есе жүргізіп, аралық популяцияға қажет мөлшерде дарақтарды жазамыз.

– Қалдықты стохастикалық таңдау (*remainder stochastic sampling*). Әр дарақтың бейімділігі популяцияның орташа бейімділігіне қатысты қатынаста есептеледі. Бүтін бөлігі аралық популяцияға дарақтың қанша рет жазуға болатынын, ал бөлшегі оның тағы да бір рет түсу мүмкіндігін көрсетеді. Мұндай тәсілді келесі түрде жүзеге асыру ыңғайлы: рулеткаға айтылғандай етіп дарақтарды орналастырсақ, рулеткада бір тіл емес, N тіл болса және де олар бірдей секторды кесіп өтсе, рулетканың бір жүруі барлық N дарақтарды таңдап, аралық популяцияға жазады.

Будандасу. Аралық популяцияда дарақтар кездейсоқ жұптарға бөлініп, біршама ықтималдылықпен будандасады, нәтижесінде жаңа пайда болған екі тұқым жаңа ұрпаққа жазылады, егер олар будандаспаса, онда осы жұп жазылады.

Өзгеріс. Іріктеу мен будандасу арқылы алынған жаңа ұрпаққа популяцияны жергілікті экстремумнан «қағып жіберуге» және алдын-ала жинақтылықтан қорғаныс жасайтын өзгеріс операторы қолданылады.

Популяцияның әр дарағының біті біршама ықтималдылықпен инвертацияға ұшырайды. Бұл ықтималдылық әдетте 1%-тен төмен болады. Хромосомада бірнеше нүктелерді инверсия үшін таңдауға болады және олар да кездейсоқ болуы мүмкін. Бірнеше қатар келе жатқан нүктелер тобын инверсиялауға болады. Өзгеріске ұшырау бойынша таңдау ықтималдығы ұсынымдарының арасында $1/L$ немесе $1/N$ нұсқасын кездестіруге болады.

Эволюция – бұл биологиялық түрлердің тоқтаусыз онтайлану процесі. Эволюцияның мұндай процесі, шексіз жалғаса беруі мүмкін, сондықтан да тоқтату критериясы қолданылады. Анықталған ұрпақ саны немесе популяцияның жинақталуы (*convergence*) тоқтату критериясы бола алады. Популяцияның барлық

жолдары экстремумның біршама аймағында орналасқан және дерлік бірдей болса, бұл популяцияның жинақталу (*convergence*) жағдайы болып есептеледі. Сонда кроссовер популяцияны мүлдем өзгертпейді, ал өзгеріске ұшырайтын дарақтар бейімделу көрсеткіші төмен болғандықтан, құрып кетуге бейім болады. Осылайша, популяцияның жинақталуы, бұл шешімді оңтайландырады. Мәселенің түпкілікті шешімі соңғы ұрпақтың жақсырақ бейімделген дарағы болады.

Табиғи іріктеу, бейімділігі жоғары дарақтардың үлкен тұқым беретініне кепіл болады, ал генетикалық мұрагерлігінің арқасында, бұл тұқымдар ата-анасының жоғары бейімділігін сақтап қана қоймай, бірнеше жаңа қасиеттерге ие болады. Егер жаңа қасиеттер пайдалы болса, ол келесі ұрпаққа беріледі. Осылайша, биологиялық түрдің пайдалы қасиеттермен біртіндеп бейімділігі арта береді. Табиғатта түрдің оңтайландыру мәселесі қалай жүретінін біле отырып, біз нақты есептерге осы әдісті қолдана аламыз. Оңтайландыру есептері – тәжірибеде кең таралған, әрі маңызды класс болып табылады. Мұндай есептер арасында қарапайым жолмен шешілетіндері де бар, алайда дәл шешімі табылмайтыны да кездеседі. Оңтайландыру есептерінде кез келген бір функцияның бірнеше параметрлерімен жұмыс жасауға болады (оларды x_1, x_2, \dots, x_n деп белгілесек, ал мақсатымыз барынша көбейту немесе азайту болсын), $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, осы параметрлерге тәуелді болады. f функциясы мақсат функциясы деп аталады. Мысалы, егер мақсат функциясы (компания кірісін) барынша көбейту керек болса, онда компания қызметкерлер саны, өндіріс көлемі, жарнама шығыны, түпкі өнім құны және тағы сол сияқты басқарылатын параметрлер болады. Бұл параметрлер өзара тығыз байланысты, өйткені қызметкер санын азайта отырып, өндіріс көлемін түсіріп алуға болады. Математикада мұндай есептердің бірнеше шешу тәсілдері бар, егер мақсат функциясы тегіс және бір ғана локалды максимумы болса (унимодальды), онда оңтайлы шешімді градиент түсіру арқылы алуға болады. Бұл тәсілде оңтайлы шешім итерация арқылы алынады. Кездейсоқ бастапқы нүкте алынып, циклде бұл нүкте мақсат функцияның өсу бағытына қарай бір қадамға жылжып отырады. Градиентті алгоритм кемшілігі, функцияға жоғары талаптың қойылуы, тәжірибеде унимодальдылық сирек кездеседі, ал мақсатсыз функция үшін градиентті түсіру оңтайлы емес шешімге алып келеді. Көптеген есептерде параметрлер тек нақты белгілерді ғана қабылдай алады және де қалған нүктелерде мақсат функциясы белгілі болмайды, мұндай жағдайда принципті түрде басқа тәсілдер талап етіледі. Осындай жағдайда тәжірибеде қолдануға болатын жаңа оңтайландыру әдісі – генетикалық алгоритм қажет болады.

Сонымен қатар, бұл жаңа әдістер мидың нейрондық желілермен жұмыс істеу механизмін зерттеу нәтижелерінде қолданылатын, қарқынды дамып келе жатқан бағыт, тиімді интеграциялауға мүмкіндік береді. Бұл интеграция эволюциялық алгоритмнің мүмкіндіктерін көбейтіп, қолдану аясын кеңейтеді.

Математикада әр түрлі мәселелерді шешу үшін (кепілді нақты шешім алу мағынасында) өте сенімді үлкен әдістер класы бар. Алайда, бұл сенімді әдістер тәжірибеде шынымен күрделі мәселелерді шешуде жиі қолданылмайды. Әдетте мұндай мәселелер ұшы-қиыры жоқ секілді көрінгендіктен, оларды мағыналы шешуде қарастырылмайды. Мысалы, көлік тасымалдауымен айналысатын фирма, бағыт пен сапар кестесін оңтайландырудың орнына, артық жүргізуші жалдап, қызмет бағасын арттыра салады. Ал шет елдік нарықта, фирма қызметінің оңтайлылығы оның кірісіне айтарлықтай септігін тигізеді, сонымен қатар, нарықта нық тұруы үшін шешуші фактор болуы мүмкін [6]. Әдебиеттерде, көлік есептерінде құрамдасқан генетикалық алгоритм көмегімен шешу жолдары қарастырылған. Әрбір көліктің бағытына бірнеше шектеулер қойылып, олар келесі формулалар арқылы анықталады:

$$\sum_{k \in V} \sum_{j \in N} X_{ij}^k = 1, \forall i \in C \quad (1)$$

$$\sum_{i \in C} d_i \sum_{j \in N} X_{ij}^k \leq q, \forall k \in V \quad (2)$$

$$a_i \leq S_i^k \leq b_i, \forall i \in N, \forall k \in V \quad (3)$$

(1) шектеу, бұл бір клиентке тек бір рет және бір ғана көлік құралымен қызмет көрсетілетінін білдіреді. Ал айнымалылар $X_{ij}^k \in \{0,1\}$ белгілерін қабылдайды, 1 көлік i басынан j басына қозғалатынын, ал 0 керісінше қозғалысты білдіреді. Жоғары k индексі көлікті білдіреді, мұнда $\forall k \in V, V$ – жүк көтергіштігі q болатын бірдей көліктер саны. (2) шектеу, көлік құралы жүк көтергіштігі рұқсат беретіндей ғана клиентке қызмет көрсете алады. $d_i, i \in C$ – тиісті клиенттік сұраныс, C – көптеген клиенттер. (3) – бұл уақыт бойынша шектеу. Клиентке көліктің келуі арнайы уақыт терезесі шегінде болуы қажет, S_i^k – бұл сай көліктің анықталған клиентке келу уақыты, ал $[a_i, b_i]$ осы уақыт аралығында клиентке қызмет көрсетілуі керек. Осы есепке келесі мақсаттар тұжырымдалады (мақсаты функциялары): бастапқы мақсат

– барлық клиенттерге қызмет көрсететін жалпы көлік санын азайту, екінші мақсат – барлық қызмет көрсетілетін клиенттер мен барлық көліктердің жүріп өтетін жалпы жол арақашықтығын азайту.

Осындай шектеулерге генетикалық алгоритмнің іріктеу, будандасу, өзгеріс операторларын қолдана отырып эффективті түрде көлік есептерін шешуге мүмкіндік береді.

Генетикалық алгоритм артықшылығы, мақсат функцияларына қатысты математикалық шарттар мен шектеулерді талап етпейді. Зерттеуші жасанды түрде математикалық әдістерді қолдану үшін объект моделін қысқартып, оның соған бара-барлығын жоғалтудың қажеті жоқ. Сол себепті әртүрлі мақсат функциялары, шектеу түрлері бар (сызықты және сызықты емес), дискретті анықталған, үздіксіз және аралас универсалды жиынтықтар қолданыла алады. Генетикалық алгоритм күші бір уақытта бірнеше параметрлерді басқара алады, бұл ерекшелік көптеген қолданбалы бағдарламаларда, тікұшақ жобалауда, алгоритм параметрлерін күйге келтіруде және сызықты емес дифференциалдық тендеулер жүйелерінің тұрақты күйін табуда қолданылады.

Қорыта келгенде, генетикалық алгоритм көптеген модификациясы бар, параметрлерге тәуелді, оңтайландырудың универсалды әдісі, ол басқа әдістерді қолдану күрделі немесе мүмкін емес жағдайда, түрлі оңтайландыру есептерінде сәтті қолданылуға ие. Параметрдің бірін өзгерте отырып, жақсы нәтижеге қол жеткізуге болады. Сол себепті соңғы жылдары генетикалық алгоритм функционалды оңтайландыруда, синтез және басқару, есептеу жүйелерін оңтайландыруда, автоматты түрде классификациялауда, көп критерийлі көлік, коммивояжер есептерінде, ойын теориясы мен ойынды модельдеуде, биологиялық жүйелерді модельдеуде, объектілерді бейімді басқаруда, интеллектуалды роботтар, жасанды өмір және т.б. ғылым салаларында кең қолданысқа ие.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. Скурихин А.Н. Разработка и применение само адаптирующихся генетических алгоритмов. Диссертационная работа. Гос. Научный центр РФ, Пуцино, 1996.
2. Калиева Н.Б. Исследование и разработка алгоритмов магнитной ориентации малого космического аппарата. Диссертационная работа. ҚазҰИТУ, Алматы, 2016.
3. Касенхан А.М. Разработка методов и моделей поддержки эффективной беспроводной связи в системах оперативных служб. Диссертационная работа. ҚазҰТУ Алматы, 2014.
4. Солонуха А.С., Филиппова Т.С. Применение эвристических алгоритмов при синтезе планетарных механизмов //Сборник материалов IXМеждународнойнаучной конференции студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2014», Астана, 2014. – С. 2263
5. Вороновский Г.К., Махотило К.В., Петрашев С.Н., Сергеев С.А. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности, Харьков: Основа, 1997. – 112 с.
6. Емельянова Т.С., Курейчук В.М. Решение транспортных задач с использованием комбинированного генетического алгоритма. [Электрон.ресурс]. – URL: www.raai.org/conference/cai-08/files/cai-08_paper_157.doc
7. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы, Москва: Физматлит, 2006. – 321 с.
8. Емельянова Т.С. Модифицированный генетический алгоритм для решения транспортных задач с ограничением по времени. // Труды международных научно-технических конференций «Интеллектуальные системы» (AIS'08) и «Интеллектуальные САПР» (CAD02008) - Москва: Физматлит, 2008.
9. Исаев С.А. Популярно о генетических алгоритмах [Электрон.ресурс]. – URL:(<http://algolist.manual.ru/ai/ga/ga1.php>).

ӘӨЖ 002.6:37.016
МРНТИ 20.01.45

С.А. Нугманова¹, А.М. Ануарбеков²

¹п.ғ.к., Абай атындағы ҚазҰПУ, Математика, физика және информатика институтының аға оқытушысы, Алматы қ., Қазақстан

²Абай атындағы ҚазҰПУ, «Информатика» мамандығының магистранты, Алматы қ., Қазақстан

БОЛАШАҚ ИНФОРМАТИКА МҰҒАЛІМДЕРІН ДАЙЫНДАУДАҒЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫҢ АЛАТЫН ОРНЫ

Аңдатпа

Мақалада педагогикалық жоғарғы оқу орындарындағы информатика мамандығының студенттеріне телекоммуникациялық технологияларды оқытудың маңызы мен алатын орны туралы мәселелер қарастырылған. Ақпараттық коммуникациялық технологиялар адам өмірінің барлық саласына кеңінен енуіне байланысты болашақ информатика мұғалімдері информатиканың маңызды құраушыларының бірі болып табылатын телекоммуникациялық жүйелер үшін программалауға баса назар аударып терең меңгеруі қажет. Аталған мақалада болашақ информатика мұғалімдеріне телекоммуникациялық жүйелерді үшін программалауды оқыту мәселесінің қажеттілігі мен өзектілігі, мазмұны туралы сұрақтар қарастырылады.

Біз информатика мамандығын оқыту барысында «Телекоммуникациялық жүйелер үшін программалау» курсына ұсынамыз. Оны қазіргі заманғы платформалық-тәуелсіз интерпретаторлар түріндегі скрипттік тілдердің бірін, мысалы PHP тілін оқытумен байланыстыруға болады. Мұндай тілді WEB қызметінің серверлік жақта қолдану арқылы желінің ақырғы қолданушысымен өзараәрекеттесуінің негізі көрсетіледі. CGI мысалында келтірілген программалық интерфейс сияқты ұғымды білу информатика мамандығының студенттерінің білімдерін толықтырады.

Түйінді сөздер: телекоммуникация, ақпараттық жүйелер, программалау тілдері, парадигмалар, объект, иерархия, желі, хаттама, клиент, сервер.

Аннотация

С.А. Нугманова¹, А.М. Ануарбеков²

¹к.п.н., старший преподаватель института Математики, физики и информатики при КазНПУ имени Абая, г. Алматы, Казахстан

²магистрант по специальности «Информатика» КазНПУ имени Абая, г. Алматы, Казахстан

МЕСТО ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ИНФОРМАТИКИ

В статье рассматриваются вопросы о роли и важности обучения студентов специальности информатика телекоммуникационным технологиям в педагогических высших учебных заведениях. В данной статье рассматриваются основные вопросы обучения студентов специальности информатика высших педагогических учебных заведений программированию для телекоммуникационных систем. В связи с проникновением информационных коммуникационных технологий во все сферы человеческой жизни будущие учителя информатики должны уделять больше внимания к программированию для телекоммуникационных систем, которая является одним из важнейших составляющих информатики и освоить основные приемы программирования для таких систем. В статье рассматривается необходимость и актуальность обучения будущих учителей информатики программированию для телекоммуникационных систем.

Мы предлагаем курс «Программирование для телекоммуникационных систем» для студентов специальности информатика. Его можно связать с изучением одного из современных представителей скриптовых языков, существующих в виде платформенно-независимых интерпретаторов, например, PHP. Использование такого языка на серверной стороне службы WEB демонстрирует основу взаимодействия с конечным пользователем сети.

Ключевые слова: телекоммуникация, информационные системы, языки программирования, парадигмы, иерархии объектов, сетевой протокол, клиент, сервер.

Abstract

Nugmanova S.A.¹, Anuarbekov A.M.²

¹Cand. Sci (Phys.-Math), Senior Lecturer of the Institute of Mathematics, Physics and Informatics at Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

²Student of Master Programme in Computer Science, Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

THE PLACE OF TELECOMMUNICATION TECHNOLOGIES IN THE PREPARATION OF FUTURE TEACHERS OF INFORMATICS

The article discusses the role and importance of teaching students of the specialty computer science in telecommunication technologies in pedagogical higher educational institutions. In this article the main issues of teaching programming for

telecommunication systems of students of higher pedagogical educational institutions of the specialty computer science are examined. In connection with the penetration of information and communication technologies in all spheres of human life, future teachers of computer science should pay more attention to programming for telecommunication systems, which is one of the most important components of computer science and master the basic methods of programming for such systems. The article considers the necessity and relevance of training future computer science teachers in programming for telecommunication systems.

We offer a course "Programming for telecommunication systems" for students of Computer Sciencespecialty. It can be connected with the study of one of the modern representatives of scripting languages, existing in the form of platform-independent interpreters, for example, PHP. By using such language on the server side of WEB service, the basis of interaction with the end user of the network is shown.

Keywords: telecommunications, information systems, programming languages, paradigms, object hierarchies, network protocol, client, server.

Бүгінгі таңда қоғамның дамуы ақпараттандырумен қатар жүріп жатыр. Мұны біз адам өмірінің барлық салалары мен кәсіби қызметтерінен көрініс тапқанын байқаймыз.

Қазіргі уақытта қоғамды ақпараттандыру адамдарға жаңа талаптар қоюда, ақпараттық ортада бағдарлай алуы, жетілдірілген технологияларды тез меңгеруге дайын болулары керек. Ақпараттандыру үрдісі бірінші кезеңде білім беруге әсер етті. Еліміздегі білім беру саласын ақпараттандыру тұжырымдамаларына сәйкес білім беруді ақпараттандырудың негізгі мақсаттарының бірі – ақпараттық технологияларды пайдалану негізінде еліміздегі білім беру сапасын арттыру болып табылады. Осы мақсатқа жетудегі негізгі шарт – қазіргі мұғалім қоғамды, білім беруді ақпараттандыру жағдайында білім беру үрдісін тиімді құруға қабілетті болуы керек. Бүгінгі қоғамның қоятын талабы – мектеп пен жоғарғы оқу орындарындақазіргі жағдайда тиімді қызмет жасауға қабілетті мамандарды дайындау болып табылады. Мұғалім өзінің кәсіби қызметінде ақпараттық-коммуникациялық технологияларды пайдалану арқылы білім беру сапасы меноған қолжетімділікті арттыруға әсер етеді.

Білім беру жүйесі білім алушыларды ақпараттық қоғамда өмір сүруге дайындауға, оларды осы ортада әрекет жасауға үйретуге, оның барлық мүмкіндіктерін кәсіби қызметтетолық пайдалануға бағыттайды. Технологиялардың үнемі күрделенуі және технология түрлерінің өзгеруіне байланысты қазіргі мамандардың оны меңгеруі тиісті білім көлемі, біліктілік және дағдылар үздіксіз өсуде. Бұл күндері қоғам білім беруді заманауи әлемге бейімдеу жолдарыңыздеуге аса қызығушылық танытуда.

Оқыту уақыт ағымына сай ақпараттық әлемнің кеңейюімен қатар жүру керек. Компьютерлік және телекоммуникациялық технологиялар оқытудың мазмұны, әдістері мен нысандарына әсер ете отырып, оқу үрдісіне тереңірек енуде. Ақпараттандыру құралдарының, ақпараттық және әсіресе телекоммуникациялық технологиялардың дамуы, кез келген пәндік қызметтің ақпараттық ортасын құруға әкеледі. Бұл жалпы және жоғары педагогикалық білім берудегі информатика пәнін оқытудыңмақсаттарын, мазмұнын, формалары мен әдістерін қазіргі қоғам сұранысына сай қайта қарастырудыталап етеді.

Қазіргі кездегі мемлекеттік білім беру саясаты білім беруді ақпараттандыру, әр түрлі деңгейдегі оқу орындарында компьютерлік және телекоммуникациялық технологияларды пайдалану үрдісіне басаназар аударады. Оқу орындарын Интернет желісіне қол жеткізу құралдарымен жабдықтауға көп көңіл бөлінеді.

Осыған байланысты болашақ информатика мұғалімдері компьютерлік және телекоммуникациялық жүйелер туралы білімдерін тереңдетіп, толықтырып отырулары керек. Студенттерді дәстүрлі оқытуда телекоммуникациялық жүйелердің ішіндегі үрдістерді түсінуге қажетті программалау негіздерін меңгеру өз деңгейінде қарастырылмайды. Бұл болашақ мұғалімдердің осындай телекоммуникациялық жүйелерді құру логикасын оқушыларға түсіндіре алмауына әкеліп соқтырады. Жүйелердегі объектілердің иерархиялық түрде орналасуын да олардың бір-бірімен өзараәрекеттесу механизмдерін білмей тұрып, оны түсіну мүмкін емес.

Осындай қызметтердің бірін қарастыру мысалы (http хаттамасы және CGI программалау) негізінде және басқа да жүйелер түрлеріне арналған программалау туралы негізгі көзқарастарды қалыптастыруға болады. Мұның себебі, барлық телекоммуникациялық жүйелер белгілі бір ғана қағидалар бойынша құрылады, архитектуралары қайталанып және объектілердің өзараәрекеттесу хаттамалары шамамен ұқсас болып келеді. Мысалы, банкоматтар желісі жұмысының сипаттамасы (қарапайым телекоммуникациялық жүйе) интернет-чаттар жұмысының сипаттамасынан өзгешелігі аса көп болмайды. Білім алушы бір телекоммуникациялық жүйе (біздің жағдайымызда – CGI интерфейсінің спецификациясына сәйкес http хаттамасы арқылы клиент пен сервердің өзараәрекеттесуі) үшін программалау механизмінің технологиясын түсінсе, ол таныс емес басқа да жүйелерде программалай білуге қабілетті болады.

Қатардағы пайдаланушы үшін ақпараттық технологиялардың дамуы негізінен телекоммуникациялық

инновациялармен көрсетіледі. Болашақ информатика мұғалімдері ақпараттық әлемнің жаңа жетістіктерін ескерулері қажет. Олар өз оқушыларын жедел дамып келе жатқан ақпараттық жүйелермен таныстырады. Болашақ информатика мұғалімдерін даярлауда телекоммуникациялық жүйелердегі программалауды оқыту қажет. Браузерлер немесе ICQ жай ғана жұмыс істеуге үйретіп қана қоймай, сонымен бірге, Web программалаудың базалық негіздері туралы жүйелі білім беруді қазіргі уақыт талап етіп отыр.

Біз информатика мамандарын даярлау үдерісіне «Телекоммуникациялық жүйелерде программалау» атты оқу курсының ұсынамыз. Оны қазіргі уақыттағы платформаға-тәуелсіз интерпретаторлар, PHP түріндегі скрипттік тілдердің бірін оқытумен байланыстыруға болады. Мұндай тілді WEB қызметінің серверлік жағында қолдану арқылы желінің соңғы пайдаланушысымен өзара әрекеттесуінің негізі көрсетіледі. CGI мысалында келтірілген программалық интерфейс сияқты ұғымды білу информатика мамандығы студенттерінің білімдерін толықтырады.

Ақпараттық технологиялардың қазіргі жүйесінің негізгі салаларының бірі болып табылатын – деректер қорымен жұмыс жасауды қоспай сипаттау мүмкін емес. Мұнда MySQL мысалы негізінде студенттерді SQL-тілімен және PHP сияқты программалау тіліндегі деректер қорын қолдану мүмкіндігімен таныстыру көзделіп отыр. PHP программалау тілі деректер қорымен өзара әрекеттесу тиімділігін жеңілдету және арттыруды ескере отырып құрылған.

Сонымен қатар, WEB программалаудың тағы бір компоненті болып табылатын дүние жүзінде ең көп таралған HTML – гипермәтінді белгілеу тілі туралы да мәселе қозғалуы қажет. Бұл тіл информатика саласындағы мамандарға өте қажет, HTML-мен таныс маман Интернет желісінде сенімді бағдар жасай алады.

Сондай-ақ, ең бір болашағы зор ақпараттық үрдістерді, атап айтқанда операциялық жүйеден және оны қоршаған ортадан тәуелсіз программалық жобаларды құруды көрсетуге болады. Мұндай өнімдер үшін қандай операциялық жүйеде Microsoft Windows немесе Unix-те жұмыс істесе де және WEB-сервисті қолдау үшін қандай программалық құралдардың, мысалы, Apache немесе Microsoft Internet Information Server қолданылатындығы маңызды емес.

Практикалық бөлімде жеңілдетілген кешенді программалық шешім құру жобасын мысалы, MySQL базасына қатынау үшін пайдаланушы деректерін оқу және түрлендіру мүмкіндігі бар WEB интерфейсі құруды пайдалануға болады. Мұндай мысал негізінде форумдар, хабарландыру тақтасы, чаттар және тағы да басқа WEB ішкі жүйелерінің көпшілігі қалай жұмыс істейдігін көрсетуге болады. Аталған мәселелерді түсініп, меңгеру қазіргі ақпараттық технологияларды тиімді пайдаланудың негізі болып табылады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1. Левченко И.В. Развитие системы методической подготовки учителей информатики в условиях фундаментализации образования: Автореф. дисс. ... докт. пед. наук. – М., 2009.*
- 2. Полат Е.С. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования. – М.: Академия, 2003.*
- 3. Кузибецкий А., Смыковская Т. Информационно-коммуникационные технологии в управлении образованием// Народное образование - 2008. - №1. – С.105-112.*
- 4. Роберт И.В., Козлов О.А. Концепция комплексной, многоуровневой и многопрофильной подготовки кадров информатизации образования// ИНФО. - 2005. - №11-12. – С.15*
- 5. Бидайбеков Е.Б. Білім берудің әртүрлі деңгейлерінде ақпараттық-коммуникациялық технологияларды қолдану әдістері. Білім саласындағы инновациялық ақпараттық педагогикалық технологиялар жаңашыл педагогтардың 3-ші форумы. - Шымкент, 2012. - Б. 204-208.*

УДК 37.013
ГРНТИ 20.01.07

Л.Б. Рахимжанова¹, Д.Н. Исабаева²

¹к.п.н., доцент Казахского национального университета им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

²к.п.н., доцент Казахского национального педагогического университета им. Абая, г. Алматы, Казахстан

КОГНИТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ В КУРСЕ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Аннотация

Современное образование переходит от процедурных языков программирования (например, Pascal, C, Basic, FORTRAN и COBOL) к объектно-ориентированным языкам программирования, таких как Java. Объектно-ориентированное программирование представляет собой новую парадигму вычислений. Но опыт обучения показывает, что будущие программисты испытывают трудности перехода к этой новой парадигме программирования. В статье рассматриваются вопросы определения, каковы же когнитивные аспекты этого нового языка, объектно-ориентированного Java, какой когнитивный стиль обучения лучше всего подходит для этого языка. Используя когнитивные методы обучения, необходимо: определить мотивацию обучения для вызова интереса и активности студентов; построить обучение на смысловом видении таких основных понятий как «класс», «объект»; изучить основные парадигмы объектно-ориентированного программирования, применяя образное и символическое видение на примерах.

Ключевые слова: Когнитивные методы, объективно-ориентированное программирование, обучение, методика обучения.

Аңдатпа

Л.Б. Рахимжанова¹, Д.Н. Исабаева²

¹п.ғ.к., ал-Фараби атындағы ҚазҰУ-нің доценті, Алматы қ., Қазақстан

²п.ғ.к., Абай атындағы ҚазҰПУ-нің доценті, Алматы қ., Қазақстан

ОБЪЕКТІГЕ-БАҒЫТТАЛҒАН БАҒДАРЛАМАЛАУ ОҚЫТУДА ТАНЫМДЫҚ ӘДІСТЕРІ

Қазіргі замануи жоғары білімберу саласыпроцедуралық программалау тілдерінен (мысалы, Pascal, C, Basic, Fortan және COBOL) Java сияқты объектіге-бағытталған программалау тілдеріне көшуде. Объектіге-бағытталған программалау жаңа есептеу парадигмасы болып табылады. Бірақ оқыту тәжірибесі болашақ программистерде осы жаңа парадигмаға көшуде қиындықтар бар екенін көрсетті. Мақалада Java объектіге-бағытталған программалау тілі үшін қолайлы танымдық оқыту стилі және осы жаңа тілге қандай танымдық аспектілер сай келетіндігі қарастырылған. Танымдық оқыту әдістерін пайдалана отырып: студенттердің қызығушылығын және белсенділігін ояту үшін оқыту мотивациясын анықтау; «Класс», «Объект» сияқты негізгі ұғымдардың семантикалық көрінісіне сай оқытуды ұйымдастыру; бейнелі-таңбалық көзқарасы мысалдарды пайдаланып, объектілі-бағытталған программалаудың негізгі парадигмасын үйрету ұсынылады.

Түйінді сөздер: Танымдық әдістері, объектіге-бағытталған программалау, оқыту, оқыту әдістемесі.

Abstract

¹Cand. Sci. (Pedagogical), Associate Professor, Al-Farabi KazNU, Almaty, Kazakhstan

²Cand. Sci. (Pedagogical), Associate Professor, Abai KazNPU, Almaty, Kazakhstan

COGNITIVE METHOD IN THE COURSE OBJECT-ORIENTED PROGRAMMING

Modern higher education is moving from procedural programming languages (eg, Pascal, C, Basic, FORTRAN and COBOL) to object-oriented programming languages such as Java. Object-oriented programming is a new computing paradigm. But the learning experience has shown that future programmers have difficulties transition to this new programming paradigm. The article deals with the determination of what are the cognitive aspects of this new language, the Java object-oriented, which cognitive learning style is best suited for that language. Using cognitive methods of teaching it is necessary: to determine the motivation for learning to attract interest and activity of students; to build training on the semantic vision of such basic concepts as "class", "object"; to study the basic paradigms of object-oriented programming, applying a figurative and symbolic vision on examples.

Keywords: Cognitive methods, objective-oriented programming, training, methodology of training.

Центральное внимание вопросам преподавания программирования уделялось с начала 60-х годов. Выбор учебного языка, соответственно вопросы обучения программированию широко рассматривались в исследованиях советских ученых С.И. Шварцбурдом, И.Н. Антиповым, И.А.Звенигородским, Г.А.Бабушкиной, В.М. Монаховым, В.Н. Касаткиным, М.П. Лапчиком и др. Но современная технология программирования претерпевает изменения. Промышленность и научные круги переходят от процедур-

ных языков программирования (например, Pascal, C, Basic, FORTAN и COBOL) к объектно-ориентированным языкам программирования, таких как Java для Интернета. Соответственно современное состояние обучения в ВУЗах характеризуется повсеместным переходом к новой объектно-ориентированной парадигме программирования. Проведенные исследования в изучении когнитивных аспектов программирования были сосредоточены в основном на процедурных языках программирования. Объектно-ориентированное программирование (ООП) представляет собой новую парадигму вычислений.

Актуальность исследования методов изучения объектно-ориентированного программирования не вызывает сомнения. Причиной служит соблюдение дидактического принципа научности, требующего соответствия содержания обучения уровню современной науки, и формирования у студентов представлений о частных и общенаучных методах познания.

Опыт обучения находит, что будущие программисты испытывают трудности перехода к этой новой парадигме программирования. Конечно, это заставляет найти эффективные методы обучения, т.е. определить каковы когнитивные аспекты объектно-ориентированного Java, этого нового языка и какой когнитивный стиль обучения лучше всего подходит для этого языка. Такие вопросы находятся в центре внимания данной статьи. Такое исследование необходимо для улучшения понимания процесса обучения и выявления трудностей при знакомстве студентов с методами объектно-ориентированного программирования. Это может повысить академический уровень будущего программиста.

Когнитивный подход (англ. cognitive approach) – подход к обучению, основанный на положениях когнитивной психологии и предусматривающий в процессе обучения опору на принцип сознательности, учет различных когнитивных стилей, характерных для учащихся конкретной учебной группы, и учебных стратегий, которыми они при этом пользуются. Согласно такому подходу учащийся является не только объектом обучающей деятельности преподавателя, но прежде всего активным участником процесса учения. Создателями подхода считаются Дж.Брунер и У.Риверс [1].

На рисунке 1 приведены когнитивные методы обучения, как часть эвристических методов обучения.

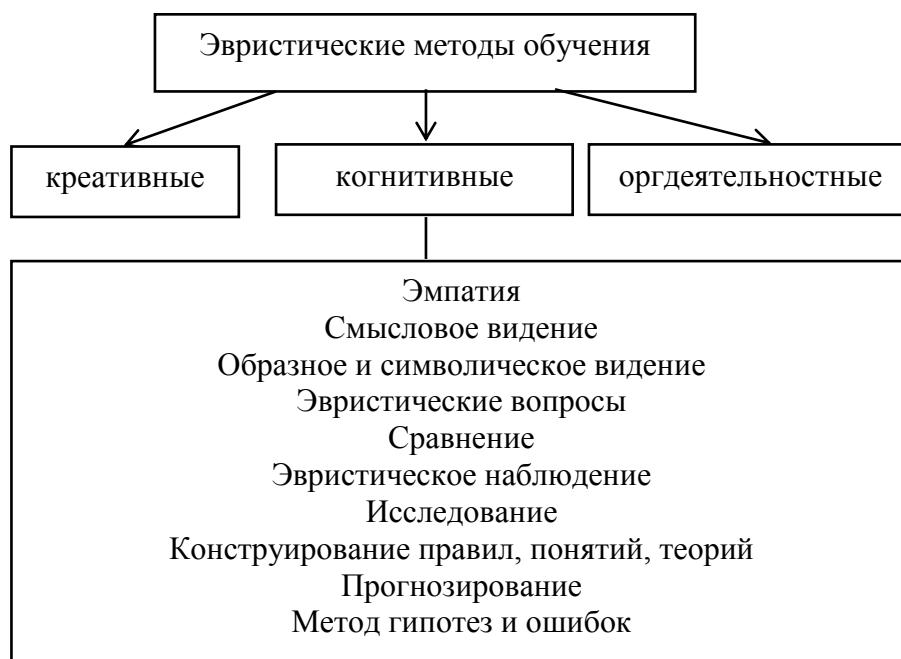


Рисунок 1. Эвристические методы обучения

Рассмотрим в статье метод смыслового видения, когда происходит одновременная концентрация обучающихся на образовательном объекте своего зрения и «пытливо настроенного» разума позволяет им понять (увидеть) первопричину объекта, заключённую в нём идею, первосмысл, то есть внутреннюю сущность объекта. Здесь требуется создание у обучающегося определённого настроения, состоящего из активной чувственно-мысленной познавательной деятельности.

Прежде всего, необходимо мотивировать обучение [2]. Студентам следует объяснить, что чем популярнее язык и востребованность, тем больше шансов будет найти работу в будущем, при этом язык должен быть несложным в освоении. Если посмотреть различные статистики, то мы увидим, что в разных источниках места заняты по-разному, но в целом первые 10 мест по содержанию везде будут совпадать. В

этом списке самых популярных языков программирования на первом месте стоит Java, далее идут С языки, затем Python, JavaScript, PHP, Ruby и т.д. Ну и, чтобы стать программистом, надо знать, что практически вся документация и источники полезной информации написаны на английском языке.

Программы, написанные на языке Java, исполняет JVM (Java Virtual Machine – виртуальная машина Java). JVM – это специальная программа, которая умеет исполнять программы, написанные на языке Java. Бесценное качество языка Java в том, что Java разработчики могут разрабатывать приложение на своем компьютере, а затем развернуть его на целевой платформе, будь то телефон или сервер. Если для компилятора доступны нужные библиотеки, код будет работать. Платформа Android построена на Java от и до, и в настоящее время Android устройства продаются лучше, чем iPhone. Урезанная версия языка и виртуальной машины, известные как Java ME широко использовались во многих так называемых недосмартфонах (feature phone), которые исчисляются миллионами во всем мире.

Преподаватель должен предложить студентам такие закрепляющие вопросы, чтобы настроить их на смысловое обстоятельство, например, обучающийся смог ответить какова причина этого объекта, его происхождения, как устроен объект изучения, почему он такой, а не другой. Упражнения по целенаправленному применению данного метода приводят к развитию у студентов таких качеств, как интуиция, озарение, инсайт.

Объектно-ориентированное программирование (ООП) – это парадигма программирования, в рамках которой «во главу угла» ставят понятия объектов и классов. Сейчас ООП, так или иначе, присутствует во всех языках, поэтому понимание его основ просто необходимо для всех, кто собирается заняться программированием. Стоит сразу определить базовые понятия класса и объекта.

При объяснении понятий «класс» и «объект» необходимо приводить примеры из жизни, т.е. сравнивать с образами, знакомыми студентам. По результатам экзаменов видно, что некоторые студенты ошибочно сравнивают класс со строящимся домом, а его объектами считают инженеров, плотников, каменщиков. Это в корне неправильно. Надо объяснить, что каждый из этих примеров является классом. Строящийся дом – это класс, у него свои атрибуты и методы. А вот подобие такого же дома, только находящегося по другому адресу, или построенного из другого материала, и есть объект этого класса. Или инженер – это класс, а инженеры с разными фамилиями – это объекты. Автомобиль – это класс, а автомобиль другого цвета – это объект.

Класс – это шаблон, описание ещё не созданного объекта. Класс содержит данные, которые описывают строение объекта и его возможности, методы работы с ним; Объект – экземпляр класса.

Для объяснения понятий «атрибуты» и «методы» классы можно привести такой пример: Фигура – это класс, какие у него атрибуты? Это размер, цвет, расположение и т.п. А методы – это то, что с ним можно выполнять или он сам может выполнять, например, начертить, удалить, скопировать, переместить, закрасить фигуру, найти ее площадь и др. Тогда объектом фигуры, может служить треугольник, четырехугольник, окружность.

```
public class Shape {
    public double x; // абсцисса центра (атрибут)
    public double y; // ордината центра (атрибут)
    public double r; // радиус (атрибут)
    public void moveShape(double a, double b) { // метод 1, двигать
        x = x + a;
        y = y + b;
    }
    public double squareShape() { // метод 2, найти площадь
        double s = Math.PI * r * r;
        return s;
    }
    public static void main(String[] args) {
        Shape circle1 = new Shape(); // объект 1
        Shape circle2 = new Shape(); // объект 2
        System.out.println ("Площадь круга 1: "+circle1.squareShape());
        circle2.moveShape(3.0, 2.4);
    }
}
```

Причиной появления объектно-ориентированного программирования и стало результатом возросших требований к функционалу программ, когда описывать объект приходилось раз за разом в разных участках кода. Тогда и было введено понятие класса, параметры которого задавались единожды, а после в коде оставлялись только ссылки на класс, чтобы код самостоятельно «собрал» объект.

При принятии на работу, по словам студентов, в первую очередь, спрашивают три парадигмы программирования: что такое инкапсуляция, наследование и полиморфизм. Это так называемые «три кита», на которых держится среда объектно-ориентированного программирования (ООП) [3]. Главное в обучении, как предоставить студентам материал, чтобы они могли легко понять эти парадигмы, необходимо образное сравнение.

Чтобы защитить данные от постороннего вмешательства, их помещают в определенную структуру или массив, убрав при этом обработку данных, т.е. их скрывают «от чужих глаз». Такой подход называется *инкапсуляцией*. Это облегчает непрофессиональному пользователю работу, он имеет дело с функционалом лишь через интерфейс программы. Образное сравнение может быть таким, цех по выпуску, например, мебели, имеет под одной крышей необходимое сырье, расходные материалы и станки для создания мебели. Объект (цех) создается для удобства и эффективности процесса создания мебели, должен иметь атрибуты (сырье) и методы (станки), которые располагаются не в разных концах города.

Наследование является мощным механизмом в ООП, так как классы могут наследовать атрибуты и методы других классов, также и добавлять к ним свои. Т.е. возникает возможность использования готового проверенного кода, внося в него при необходимости дополнения, что позволяет ускорить процесс разработки. Когда все объекты одного класса одновременно являются объектами другого класса (отношение общее-частное) обычно и возникает наследование. Например, все объекты класса *Студент* являются объектами класса *Человек*. В этом случае говорят, что класс *Студент* наследует от класса *Человек*. Аналогично класс *Circle* может наследовать от класса *Shape*. Класс, который наследует, называется подклассом или потомком, а класс, от которого наследуют, называется суперклассом или предком.

```
class Circle extends Shape { // дополнительные атрибуты и методы... }
```

Как, наверное, уже стало понятно из написанного выше, каждый класс описывает атрибуты и методы. Те из методов, которые доступны извне (*public*), образуют так называемый *интерфейс*. Благодаря концепции "от чужих глаз" и механизму наследования, можно создавать классы, наследующие атрибуты и методы от некоего общего предка, но по-разному их реализующие.

Полиморфизм означает, что при определении объекта мы используем тип базового класса (интерфейс), а реализацию (метод) выбираем, когда используем *конструктор* определенного класса. Так что объекты одного типа могут иметь по-разному реализованные методы. Например, все садовые деревья плодоносят, независимо от сорта дерева. Отсюда вытекает, что единым интерфейсом является объект «дерево» с методом «созревание плодов». А вот как, и каким способом созревает плод, является индивидуальной реализацией каждого сорта отдельно.

Некоторые добавляют к трем столпам ООП еще и понятие абстракции – выделения набора характеристик (значимых) объекта, выделяющих его среди остальных, то есть концептуально важных характеристик. Но выделять его в отдельную парадигму, необязательно, так как он проявляется во всех трех описанных выше парадигмах: везде мы говорим про некое представление объекта, о том, что для него мы определяем методы, атрибуты [3]. Например, старший слесарь в мастерской, не тратит своё время и ресурсы на определение, из чего ученик сделал деталь, а просто использует её по назначению.

Таким образом, для более эффективного применения когнитивных методов при изучении основных понятий объектно-ориентированного программирования на языке Java необходимо:

- определить мотивацию обучения для вызова интереса и активности студентов;
- построить обучение на смысловом видении таких основных понятий как «класс», «объект»;
- изучить основные парадигмы объектно-ориентированного программирования, применяя образное и символическое видение на примерах.

Список использованной литературы:

1. Азимов Э.Г., Щукин А.Н. *Новый словарь методических терминов и понятий (теория и практика обучения языкам)*. - М.: Издательство ИКАР, 2009. – 448 с.
2. Рахимжанова Л.Б. *Некоторые методические аспекты к формированию представлений методологии математического моделирования и вычислительного эксперимента // Вестник АГУ им. Абая. Сер.ФМН - 2001. - №1(3). - С. 73-80.*

3. Парадигмы объектно-ориентированного программирования на примере Java. – 2013. - URL: <http://www.technerium.ru/izuchenie-java-na-praktike/paradigmy-obektno-orientirovannogo-programmirovaniya-na-primere-java> (дата обращения 05.02.2017)

УДК 004.652
ГРНТИ 50.41.25

С.М. Сарсимбаева¹, А.Б. Кузенбаева²

¹ф.-м.э.к., доцент Актыобинский региональный государственный университет имени К.Жубанова, г.Актобе, Казахстан

²магистрант Актыобинский региональный государственный университет имени К.Жубанова, г.Актобе, Казахстан

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МНОГОМЕРНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ OLAP

Аннотация

В статье рассмотрены проблемы многомерного анализа данных на основе технологии OLAP. Показаны возможности разработки программного обеспечения для проведения такого анализа. Выявлена и обоснована необходимость использования инструментов семейства Business Intelligence, в частности Microsoft Analysis Services, входящий в состав MSSQLServer. На основе проведенного исследования авторами разработано программное обеспечение – система многомерного анализа на основе OLAP технологии с целью унификации процесса управления торговой сетью, оптимизации процесса работы менеджеров, бизнес-аналитиков розничной сети. Разработанное приложение позволяет оптимизировать работу менеджеров, аналитиков компании сети магазинов бытовой и электронной техники по закупке товаров на основе многомерного анализа проданных товаров в определенный период.

Ключевые слова: приложение, хранилища данных, базы данных, система управления базами данных, OLAP технология, OLAP куб, многомерный анализ, BusinessIntelligence, MS SQL Server, Microsoft Analysis Services, среда BI Dev Studio, бизнес интеллект, измерение, анализ.

Аңдатпа

С.М. Сарсимбаева¹, А.Б. Кузенбаева²

¹ф.-м.э.к., Қ.Жубанов атындағы Ақтөбе Өнерлік мемлекеттік университетінің доценті, Ақтөбе қ., Қазақстан

²Қ.Жубанов атындағы Ақтөбе Өнерлік мемлекеттік университетінің магистранты, Ақтөбе қ., Қазақстан

OLAP ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ НЕГІЗІНДЕ МӘЛІМЕТТЕРДІ КӨПӨЛШЕМДІ ТАЛДАУҒА АРНАЛҒАН ПРОГРАММАЛЫҚ ҚАМТАМА ҚҰРУ

Мақалада қазіргі заманғы технологиялардың бірі OLAP технологиясын пайдалану арқылы мәліметтерге көпөлшемді талдау жасау қарастырылған. Осындай талдау жасауға арналған программалық қамтама құру мүмкіндіктері көрсетілген. Business Intelligence құралдарын және MS SQL Server программасының құрамындағы Microsoft Analysis Services программасын қолдану қажеттілігі негізделген. Авторлардың жүргізген зерттеу жұмыстарына сүйене отырып, көтерме желісінің бизнес – сарапшыларының, менеджерлердің жұмыс процесін оңтайландыру, сауда желісін басқару процесін оңтайландыру мақсатында OLAP технологиясына негізделген көпөлшемді талдауға арналған программалық қамтама құрылды. Құрылған программалық қамтама менеджерлер жұмысын, тұрмыстық және электрондық жабдықтар дүкендер желісі компанияларының сарапшылары белгілі бір кезеңде сатылған тауарларды көпөлшемді талдаудан өткізіп, оның нәтижесін ескере отырып, тауарларды сатып алу процесін оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: программа, мәліметтер қоймасы, мәліметтер қоры, мәліметтер қорын басқару жүйесі, OLAP технологиясы, OLAP кубы, көпөлшемді талдау, BusinessIntelligence, MS SQL Server, Microsoft Analysis Services, BI Dev Studio ортасы, бизнес интеллект, өлшем, талдау.

Abstract

Sarsimbayeva S.M.¹, Kuzenbayeva A.B.²

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

²Student of Master Programme in Computer Science of K. Zhubanov Regional State University, Aktobe, Kazakhstan

SOFTWARE DEVELOPMENT FOR MULTIDIMENSIONAL DATA ANALYSIS BASED ON TECHNOLOGY OLAP

The problems of multidimensional data analysis based on one of the modern OLAP technology are considered in this article. The possibilities of the software development for this analysis. This article reveals the necessity of the use of tools of the family Business Intelligence, such as Microsoft Analysis Services (which is part of MS SQL Server). On the basis of the study

authors developed a software - the system of multidimensional analysis based on OLAP technology to unify distribution network management process, optimization of the process of managers, business analysts, retail network. The developed application allows you to optimize the performance of managers, analysts, network of shops selling home appliances, electronic equipment on the basis of multidimensional analysis of items sold in a given period of time.

Keywords: application, data warehouse, database, database management system, the OLAP technology, the OLAP cube, multidimensional analysis, Business Intelligence, MS SQL Server, Microsoft Analysis Services, BI Dev Studio environment business intelligence, measurement, analysis.

Анализ информации был и остается одной из важнейших проблем сфер деятельности человека. Внедрение информационных технологий для анализа данных является ключевым фактором успешности компании. Для решения проблем требуется разносторонний анализ данных – по нескольким ключевым параметрам, поэтому многомерный анализ данных и применение компьютерных технологий для этого является одной из актуальных задач.

Однако, данные, которые доступны менеджерам и аналитикам компаний непосредственно из корпоративных информационных систем, не унифицированы, разрознены и в общем неподготовлены для анализа.

Существует множество средств для проведения многомерного анализа данных, но большинство из них не способны предоставить разработчикам инструменты для решения подавляющего большинства стоящих перед ним задач. При разработке приложения для многомерного анализа данных, необходимо было из всех современных технологий, выбрать наиболее подходящие для выполнения поставленных задач. Речь не идет о противопоставлении или взаимной конкуренции реляционного и многомерного подходов. Правильнее сказать, что эти два подхода взаимно дополняют друг друга. Как отметил Э.Кодд [1], реляционный подход никогда не предназначался для решения на его основе задач, требующих синтеза, анализа и консолидации данных. И изначально предполагалось, что такого рода функции должны реализовываться с помощью внешних по отношению к реляционным СУБД, инструментальных средств. Именно на решение таких задач и ориентированы многомерные СУБД.

Системы Business Intelligence – это как раз тот класс информационных систем, который позволяет превратить сырые данные в полезную для бизнеса информацию и знания, используемые для успешного управления компанией, на основе которых можно принимать решения. Идея преобразования сырых данных в информацию востребована повсеместно, поэтому системы Business Intelligence абсолютно универсальны и применяются в различных отраслях для решения широкого круга задач.

Технологии Business Intelligence используются в таких отраслях, как: банковская деятельность, розничная торговля, страхование, телекоммуникации и другие, для которых на постоянной основе требуется аналитическая информация такого рода как анализ продаж, управление складскими запасами, оперативное управление поставками продукции, анализ эффективности маркетинговых акций, мониторинг вывода продукта на рынок, ежедневный контроль денежных потоков, анализ истории платежной дисциплины кредиторов, разработка новых продуктов, расчет сложных показателей.

Business Intelligence включает в себя процесс превращения данных в информацию и знания для поддержки принятия улучшенных и неформальных решений, аналитическую и управленческую отчетность, включающую в себя богатые возможности для построения запросов, визуализации данных, оперативный анализ информации OLAP предназначенный для менеджеров и аналитиков, которым требуется постоянное интерактивное взаимодействие с информацией, системы нетривиального анализа данных и получения знаний на основе технологии Data Mining, которые могут использоваться для решения сложно формализуемых задач, в том числе: прогнозирования, возможность выявления мошенничества, сегментацию клиентов, оценку риска и принятие решений в кредитовании, анализ покупательской корзины.

С использованием методов Business Intelligence разрабатываются программные приложения, которые являются мощным инструментом для разработки альтернативных вариантов действий, анализа последствий их применения и совершенствования навыков руководителя в столь важной области его деятельности как принятие решений.

На основе данной технологии разработано приложение для анализа данных магазина бытовой техники. Для разработки были использованы инструментальные средства SQL Server 2008, Visual Studio 2010 [2,3,4].

Основной задачей компонентов интеллектуальной обработки данных в SQL Server 2008 является поддержка разработки и использования систем интеллектуальной обработки данных на предприятиях любого размера и всеми сотрудниками – не только менеджерами и аналитиками, но и руководителями

оперативных подразделений и партнерами. Для выполнения этой задачи SQL Server 2008 создана полноценная, интегрированная, легкая в использовании система, которая публикует данные в виде web-служб, обеспечивает высокую производительность на обычном аппаратном обеспечении и содержит множество возможностей, которые можно использовать для разработки инновационных аналитических приложений. В SQL Server 2008 входит компонент SQL Server Business Intelligence Dev Studio. Business Intelligence Dev Studio - это интегрированная среда разработки, созданная для разработчиков систем интеллектуальной обработки данных. Основанная на Visual Studio, Business Intelligence Dev Studio представляет собой мощную, интегрированную, профессиональную платформу разработки для разработчиков систем интеллектуальной обработки данных. Отладка, контроль исходного кода, разработка скриптов и кода доступны во всех компонентах приложения интеллектуальной обработки данных.

Набор служб в SQL Server, связанных с бизнес-анализом и хранением данных называется Microsoft Analysis Services. Эти службы включают в себя службы интеграции – Integration Services и службы анализа – Analysis Services. Analysis Services, в свою очередь, включают в себя набор средств для работы с OLAP и интеллектуальным анализом данных. Главным компонентом Analysis Services является Business Intelligence Development Studio - инструмент управления, который предоставляет единую платформу разработки для Integration Services, извлечения данных Reporting Services и Analysis Services. Созданный в Visual Studio, Business Intelligence Development Studio поддерживает интегрированную платформу разработки для системных разработчиков в области бизнес-аналитики. Средства отладки, управление источниками данных и разработка кода доступны во всех компонентах приложения бизнес-аналитики. Использование Business Intelligence Development Studio позволяет создавать и управлять многомерными кубами.

К примеру, в магазинах бытовой техники ведется постоянная работа по формированию информационной картины, используется база данных по приходу и реализации каждого отдельно взятого товара. Существует множество видов анализируемой информации, важнейшими из которых являются: данные об итогах и масштабах продаж конкретного товара определенного производителя.

Учитывая набор перечисленных выше требований, было принято решение о разработке системы на принципах технологий семейства Business Intelligence – средств анализа и обработки данных масштаба определенной торговой сети, которая позволит эффективно решать широкий круг задач обработки информации и управления. Указанные возможности реализуются за счет использования методов и средств построения хранилищ данных, OLAP-технологий[5].

Авторами разработана система многомерного анализа на основе OLAP технологии с целью унификации процесса управления торговой сетью, оптимизации процесса работы менеджеров, бизнес-аналитиков розничной сети. Решена задача внедрения системы Businessintelligence в розничные сети бытовой и электронной техники для многомерного анализа данных по продажам.

Разработка приложения по многомерному анализу данных по продажам бытовой и электронной техники позволило облегчить работу менеджеров, аналитиков компании по закупке товаров на основе анализа проданных товаров в определенный период (Рис.1).

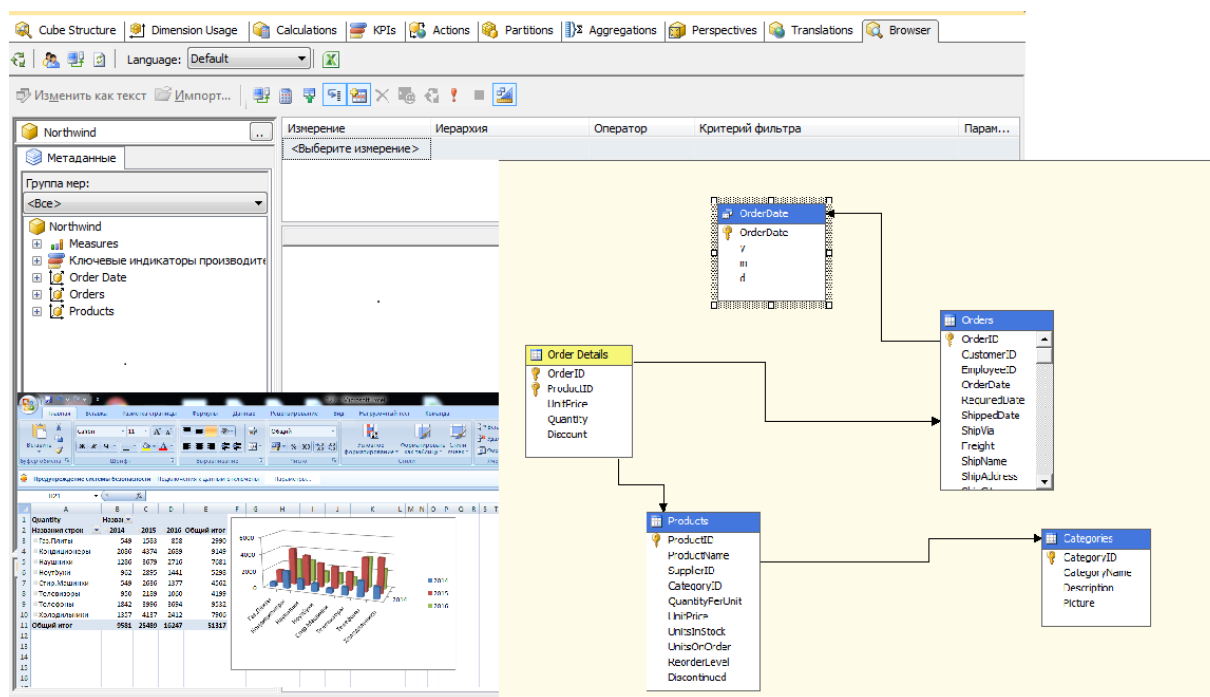


Рисунок 1. Многомерный куб и его виды через браузеры VisualStudio 2010 и MS Excel

На основе разработанного приложения был проведен анализ продаж сети магазинов бытовой и электронной техники по городу Актобе. Исходя из данных многомерного куба можем наблюдать, что наибольшей популярностью среди покупателей в 2016 году в категории кондиционеров лидерами продаж являются бренды Midea и Elenberg. (Рис.2)

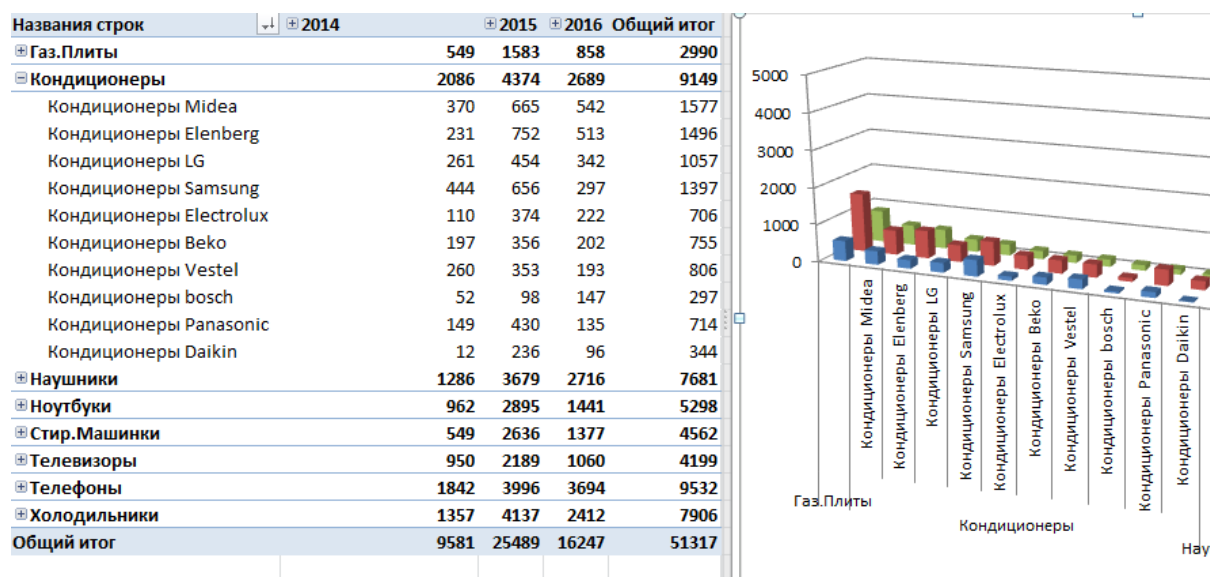


Рисунок 2. Анализ продаж кондиционеров по годам

При детальном анализе можно увидеть, что в последний месяц кондиционеры Elenberg опережают по продажам кондиционеры Midea. Исходя из этих данных при заказе товаров нужно сделать акцент на заказ кондиционеров Elenberg. (Рис.3). Такой анализ был проведен по товарам ноутбуки, газовые плиты, наушники и другим.

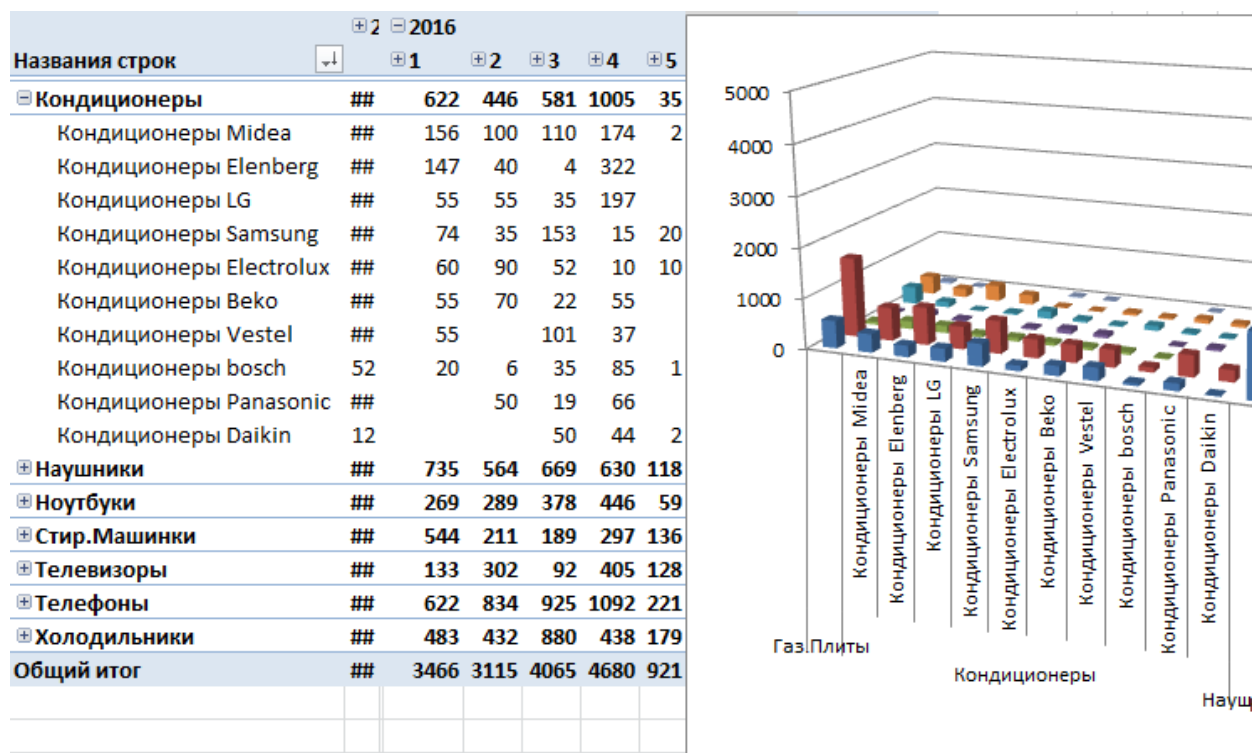


Рисунок 3. Анализ продаж кондиционеров по месяцам 2016 года

В работе исследованы вопросы многомерного анализа данных на основе технологии семейства BusinessIntelligence и применение этой технологии для анализа продаж. Изучены OLAP технологии и требования к ним, способы реализации, на примере BusinessIntelligence. Рассмотрены основные положения технологии бизнес интеллект в Visual Studio, внутренние интерфейсы Microsoft SQL Server. Разработано приложение для многомерного анализа данных в сфере продаж розничной сети бытовой и электронной техники, увеличивающая эффективность работы менеджеров, аналитиков компании.

Список использованной литературы:

1. Codd E.F., Codd S.B., Salley C.T. Providing OLAP to User-Analysts: An IT Mandate, Arbor Software Corp. Papers, 1996.
2. Paulraj Ponniah. Data Warehousing Fundamentals for IT Professionals. John Wiley & Sons, Inc., 2011
3. Vincent Rainardi. Building a Data Warehouse: With Examples in SQL Server 1st. CA: Apress Berkely, 2011
4. Microsoft® SQLServer® 2012. Реализация хранилищ данных. Учебный курс Microsoft: Пер. с англ. / Д.Сарка, М.Лак, Г.Йеркич. - М.: Издательство «Русская редакция», 2014
5. Миронов В.В., Макарова Е.С.Агрегация показателей в OLAP-кубе при сведении по зависимым измерениям. Вестник УГАТУ, Т. 16, № 3 (48). С. 180-186. – 2012

УДК 004.912
ГРНТИ 16.31.21

Б.К. Синчев¹, С.К. Оразбеков², И.Н. Филько³

¹д.т.н., профессор Международного университета информационных технологий, Алматы, Казахстан
²PhD докторант Международного университета информационных технологий, Алматы, Казахстан
³преподаватель Международного университета информационных технологий, Алматы, Казахстан

**КАТЕГОРИЗАЦИЯ КАЗАХСКОЯЗЫЧНЫХ ДОКУМЕНТОВ
МЕТОДОМ ЛАТЕНТНО-СЕМАНТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА**

Аннотация

Проведен анализ научных трудов в области казахского языка. Рассмотрены особенности категоризации казахско-язычных документов на основе латентно-семантического анализа по заголовкам. Описан алгоритм предложенного

метода. Показано, что в слабоструктурированных текстах названия заголовков образуют общую область термов, что позволяет идентифицировать тексты по категориям.

Эксперимент был проведен на конкретном примере с новостными заголовками на казахском языке, относящихся к различной тематике. По результатам эксперимента выявились три независимые друг от друга категории, такие как, «спорт», «финансы» и «политика». Кроме того, определилась корректная принадлежность каждого из восьми документов к одной из вышеуказанных категорий. Результаты вычислений были отображены с помощью среды моделирования «Matlab».

Показана возможность применения метода латентно-семантического анализа к категоризации казахскоязычных документов.

Ключевые слова: Латентно-семантический анализ (ЛСА), сингулярное разложение, матрица, идентификация, стоп-символ, терм, стемминг.

Аңдатпа

Б.К. Синчев¹, С.К. Оразбеков², И.Н. Филько³

¹тех.ғ.д., Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің профессоры, Алматы, Қазақстан

²Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің PhD докторанты, Алматы, Қазақстан

³Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің оқытушысы, Алматы, Қазақстан

ЛАТЕНТТИ-СЕМАНТИКАЛЫҚ ТАЛДАУ ӘДІСІМЕН ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕГІ ҚҰЖАТТАРДЫ КАТЕГОРИЗАЦИЯЛАУ

Қазақ тілі саласындағы ғылыми жұмыстарға талдау жүргізілді. Мәтіндердің атаулары бойынша латентті-семантикалық талдау негізінде қазақ-тіліндегі құжаттарды категоризациялау ерекшеліктері қарастырылған. Ұсынылған әдістің алгоритмі сипатталған. Нашар құрылымданған мәтіндердің атаулары ортақ термдер құрайтындықтан мәтіндерді категория бойынша сәйкестендіруге ықпалын тигізеді.

Әртүрлі тақырыптарға қарайтын қазақ-тілді жаңа атаулар мысалдары арқылы эксперимент жүргізілді. Эксперимент нәтижесі бойынша бір-бірінен «спорт», «қаржы» және «саясат» тәрізді тәуелсіз үш категория анықталды. Сонымен қатар, мысал ретінде келтірілген сегіз құжаттың әрқайсысы жоғарыда көрсетілген үш категорияның біреуіне жататыны анықталды. Есептеу нәтижелері «Matlab» модельдеу ортасының көмегімен бейнеленді.

Қазақ-тілді құжаттарды категоризациялауға латентті-семантикалық талдау әдісін қолдану мүмкіндігі көрсетілді.

Түйінді сөздер: Латентті-семантикалық талдау (ЛСТ), сингулярлық ыдырау, матрица, сәйкестендіру, стоп-белгілер, термин, стемминг

Abstract

Sinchev B.K.¹, Orazbekov S.K.², Filko I.N.³

¹Dr. Sci. (Engineering), Professor, International information technologies university, Almaty, Kazakhstan

²PhD student, International information technologies university, Almaty, Kazakhstan

³Master degree, Lecturer, International information technologies university, Almaty, Kazakhstan

CATEGORIZATION OF KAZAKH-LANGUAGE DOCUMENTS BY THE LATENT-SEMANTICAL METHOD

The analysis of scientific works in the field of the Kazakh language is carried out. Features of categorization of Kazakh-language documents on the basis of latent-semantic analysis by headings are considered. The algorithm of the proposed method is described. It is shown that in weakly structured texts the title of the headings forms a common domain terms, which makes it possible to identify texts by category.

The experiment was conducted on a specific example with news headlines in the Kazakh language, referring to different topics. Based on the results of the experiment, three independent categories emerged, such as "sport", "finance" and "politics". In addition, the correct appropriation of each of the eight documents to one of the above categories was determined. The results of the calculations were displayed using the «Matlab» modeling environment.

The possibility of using the method of latent-semantic analysis to categorize Kazakh-language documents is shown.

Keywords: Latent-semantic analysis (LSA), singular expansion, matrix, identification, stop-symbol, term, stemming.

Научные труды в области казахского языка. Анализ состояния исследований в области обработки казахского языка показывает, что количество практических исследований в данной области, не соответствует уровню потребности. Данное состояние исследований можно объяснить только тем, что сама предметная область является специфичной, требует знания в области лингвистики казахского языка [1].

С 1990-2000 гг. научные работы, связанные с машинным переводом казахского языка, практически отсутствуют [1]. С начала 2000-х годов некоторые похожие научные труды показывают о развитии автоматизации казахского языка. Авторами данных исследований являются не только сотрудники Казахстанских исследовательских институтов: Jonathan North Washington (2006) "A Novel Approach to Delineating Kazakh's Five Present Tenses: Lexical Aspect"; A.Dzhubanov, B.Khasanov (2007) "Computational description of the kazakh language"; B.J. Bayachorova, P. Pankov (2009) "Independent Computer presentation of a natural language"; G.Altanbek and Wang Xiao-long (2010) "Kazakh Segmentation System of Inflectional

Affixes"; Все перечисленные работы интересны в области сегментации автоматизации казахского языка на лексическом и синтаксическом уровне [1]. Но они затрагивают только некоторые аспекты в обработки естественных языков. Вопрос категоризации казахскоязычных документов остается открытым.

Постановка проблемы. Проблема категоризации текстов естественного языка вычислительными машинами давно представляет научный интерес [2]. В настоящее время широко используются различные подходы распознавания речи, классификации текстовой информации, определения идентичности текстов [3]. Исследование классификации документов на казахском языке приобретает больший интерес, в связи с увеличением делопроизводства на данном языке.

Одним из примеров извлечения смысла из текстов является поиск схожих документов или документов на определенную тематику [4]. Стандартный поиск использует сравнение документов на наличие слов искомого запроса. Однако, человеку неосведомленному о правилах классификации документов в системе, не всегда удастся сформулировать точный запрос. Дополнительную сложность представляют слова омонимы. Например, слово «жүз» может означать число равное 100, а в другом контексте название одного из трех объединений казахов. Зачастую требуется поиск, который основан на анализе именно смысловой нагрузки документов. Одним из подходов, который уже активно используют поисковые гиганты, является латентно семантический анализ. Этот подход позволяет выявить закономерности в отношениях между понятиями и терминами в неструктурированной коллекции текстов [4].

Латентно-семантический анализ отображает документы и отдельные слова в так называемое «семантическое пространство», в котором и производятся все дальнейшие сравнения. При этом делаются следующие предположения:

1) Документы – набор слов, порядок которых не имеет значения. Также мы не имеем никакой информации о дате создания и типе документа. Важно только статистические данные о том, сколько раз то или иное слово встречается в данном документе.

2) Семантическое значение документа определяется набором слов, которые как правило идут вместе. Например, спортивных сводках часто встречаются слова «ойын», «алтын», «жүлдегер», «мәре». А то же слово «алтын», идущее наряду с такими словами как «фонд», «қаржы», «банк» говорит о принадлежности данного документа финансовой тематике.

3) Каждое слово имеет единственное значение. Это, безусловно, сильное упрощение, но именно оно делает проблему разрешимой.

Метод решения поставленной задачи. Известные на сегодняшний день методы тематического анализа текста можно разделить на две большие группы:

- лингвистический анализ;
- статистический анализ.

Первый ориентирован на извлечении смысла текста по его семантической структуре, включает лексический, морфологический и синтаксический анализ. Второй – частотный анализ в тех или иных его вариациях. Однако, говорить о принадлежности какого-либо из подходов к конкретной группе можно лишь условно, как правило, в реальных задачах обработки текста используется сочетание методик из обеих групп с тем или иным акцентом.

Одним из наиболее эффективных статистических подходов является латентно семантический анализ (или латентно семантическое индексирование) [5]. Латентно-семантический анализ (LSA – Latent Semantic Analysis) – это теория и метод для извлечения контекстно-зависимых значений слов при помощи статистической обработки больших наборов текстовых данных [6]. Данный метод анализа используется не только в области поиска, но и в задачах фильтрации и классификации. Основная идея латентно-семантического анализа заключается в том, что совокупность всех контекстов, в которых встречается и не встречается данное слово, задает множество обоюдных ограничений, которые позволяют определить похожесть смысловых значений слов и множеств слов между собой [6]. Существует модель двухрежимного факторного анализа, которая основана на сингулярном разложении (SVD) [7]. Сингулярное разложение представляет термины и документы в виде векторов в пространстве выбираемой размерности, а скалярное произведение между точками пространства – их схожесть. Латентно семантический анализ начинается с построения матрицы документов и терминов – индексируемых слов [8]. Индексируемые слова это – слова, которые встречаются в двух или более документах и имеют смысловую нагрузку. Далее применяется сингулярное разложение этой матрицы на произведение трех матриц:

$$A = USV^T(1)$$

где матрицы U и V – ортогональные; S – диагональная матрица, диагональные значения которой называются сингулярными значениями матрицы A .

Такое разложение ведет к следующим заключениям: если в матрице S оставить только k наибольших сингулярных значений, а в матрицах U и V – только соответствующие этим значениям столбцы, то произведение получившихся матриц S , U и V будет наилучшим приближением исходной матрицы $A(1)$ к матрице \hat{A} ранга k :

$$\hat{A} \approx A = USV^t(2)$$

Основная идея латентно-семантического анализа состоит в том, что если в качестве матрицы A использовалась матрица, индексируемого слова на документах, то матрица $\hat{A}(2)$, содержащая только k первых линейно независимых компонент $A(1)$, отражает основную структуру различных зависимостей, присутствующих в исходной матрице. Структура зависимостей определяется весовыми функциями индексируемых слов. Таким образом, каждое индексируемое слово терм и документ представляются при помощи векторов в общем пространстве размерности k . Близость между любой комбинацией индексируемых слов и/или документов легко вычисляется при помощи скалярного произведения векторов [9]. Как правило, выбор зависит от поставленной задачи и подбирается эмпирически. Если выбранное значение слишком велико, то метод теряет свою мощьность и приближается по характеристикам к стандартным векторным методам. Слишком маленькое значение k не позволяет улавливать различия между похожими терминами или документами.

Латентно-семантический анализ частично решает проблему синонимов. Также позволяет выполнять автоматическую категоризацию документов, основанную на их сходстве концептуального содержания. Считается что, преимуществом латентно семантического анализа является независимость от языка, так как это математический подход. Недостатком метода является снижение скорости вычисления при увеличении объема входных данных (например, при SVD-преобразовании) [10].

Для повышения эффективности поиска информации на казахском языке, существует необходимость в их постобработки, с целью определения схожих по смыслу документов. Целью данной статьи является разработка способа семантического анализа казахскоязычных документов и анализа его эффективности.

Анализ полученных результатов. Латентно-семантический анализ может быть проведен с целью определения категории того или иного документа по его названию. Для примера были взяты заголовки новостных статей на казахском языке.

Все стоп-символы (слова не имеющие смысловой нагрузки), союзы и т.д. были исключены. Далее было произведено выделение основы, так называемого «терма» (стемминг). Для этой задачи был применен алгоритм Портера. Затем были исключены так называемые «одиночные» слова, встречающиеся в единственном экземпляре. Этот шаг не влияет на конечный результат, но сильно упрощает математические вычисления. В итоге у нас остались, так называемые, индексируемые слова, они выделены и взяты в скобки:

Д1	СаульАльварес: (Головкин)діжекпе-жеккешакырдым, олменен (жеңіл)еміндепқашыпжүр
Д2	(Саяси) сапармен Орталық Азия (ел)деріне Путин келе жатыр
Д3	(Депутат): АтамбаевтыңҚазақстантуралымәлімдемесі (саяси) ұпайжинауушінайтылғанболуымүмкін.
Д4	Алматыдабайлардың (баға)сымиллиард (теңге)денасатынхтасысатылымғақойылды.
Д5	Мамандар (Головкин)ніңДжейкосбган (жеңіл)етінінболжауда
Д6	Доллардың (теңге)гебайланыстыарзандауы (баға)ныңтөмендеуінеәсеретеме?
Д7	«(Головкин) – нағыз құбыжық». Бокс аңыздары
Д8	(Депутат) (ел)іміздегіқымбатшылықтыдереутоктатудыталапетті

Алгоритм латентно-семантического анализа. На первом шаге требуется составить частотную матрицу индексируемых слов. В этой матрице строки соответствуют индексированным словам, а столбцы – документам. В каждой ячейке матрицы указано какое количество раз слово встречается в соответствующем документе [11].

	Д1	Д2	Д3	Д4	Д5	Д6	Д7	Д8
Депутат	0	0	1	0	0	0	0	1
Саяси	0	1	1	0	0	0	0	0
ел	0	1	0	0	0	0	0	1
баға	0	0	0	1	0	1	0	0
Тенге	0	0	0	1	0	1	0	0
Головкин	1	0	0	0	1	0	1	0
жеңіл	1	0	0	0	1	0	0	0

С помощью математической операции сингулярного разложения, раскладываем матрицу на 3 основных составляющих по формуле (1):

$$A = USV^t$$

где матрицы U и V – ортогональные; S – диагональная матрица, диагональные значения которой называются сингулярными значениями матрицы A. Причем диагональные элементы матрицы S упорядочены в порядке убывания. Диагональные элементы матрицы S называются сингулярными числами.

Получаем матрицы:

U =

Депутат	-0.0000	0.5774	0.0000	-0.0000	0.8165	0.0000	0.0000
Саяси	0.0000	0.5774	0.0000	0.7071	-0.4082	0.0000	-0.0000
ел	0.0000	0.5774	-0.0000	-0.7071	-0.4082	-0.0000	0.0000
баға	-0.0000	0	-0.7071	0.0000	0	0.0000	-0.7071
Тенге	0.0000	0	-0.7071	-0.0000	0	-0.0000	0.7071
Головкин	0.7882	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.6154	0.0000
жеңіл	0.6154	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.7882	-0.0000

S =

2.1358	0	0	0	0	0	0	0
0	2.0000	0	0	0	0	0	0
0	0	2.0000	0	0	0	0	0
0	0	0	1.0000	0	0	0	0
0	0	0	0	1.0000	0	0	0
0	0	0	0	0	0.6622	0	0
0	0	0	0	0	0	0.0000	0

V^t=

0.6572	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.6572	0	0.3690	-0.0000
-0.0000	0.5774	0.5774	0	0	0	0	0.5774
0.0000	0.0000	-0.0000	-0.7071	-0.0000	-0.7071	0.0000	0.0000
0.0000	-0.0000	0.7071	0.0000	0.0000	0	-0.0000	-0.7071
0.0000	-0.8165	0.4082	0	0	0	0	0.4082
-0.2610	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.2610	0	0.9294	-0.0000
-0.0431	-0.0000	-0.0000	0.7058	0.0431	-0.7058	-0.0000	0.0000
-0.7058	-0.0000	0.0000	-0.0431	0.7058	0.0431	0.0000	0.0000
Д1	Д2	Д3	Д4	Д5	Д6	Д7	Д8

Сингулярное разложение позволяет нам выделять ключевые составляющие матрицы, при этом игнорировать шумы. Согласно простым правилам произведения матриц, видно, что столбцы и строки, соответствующие меньшим сингулярным значениям, дают наименьший вклад в итоговое произведение

[4]. Например, мы можем отбросить последние столбцы матрицы U и последние строки матрицы V^t , оставив только первые 2. Важно, что при этом гарантируется, оптимальность полученного произведения.

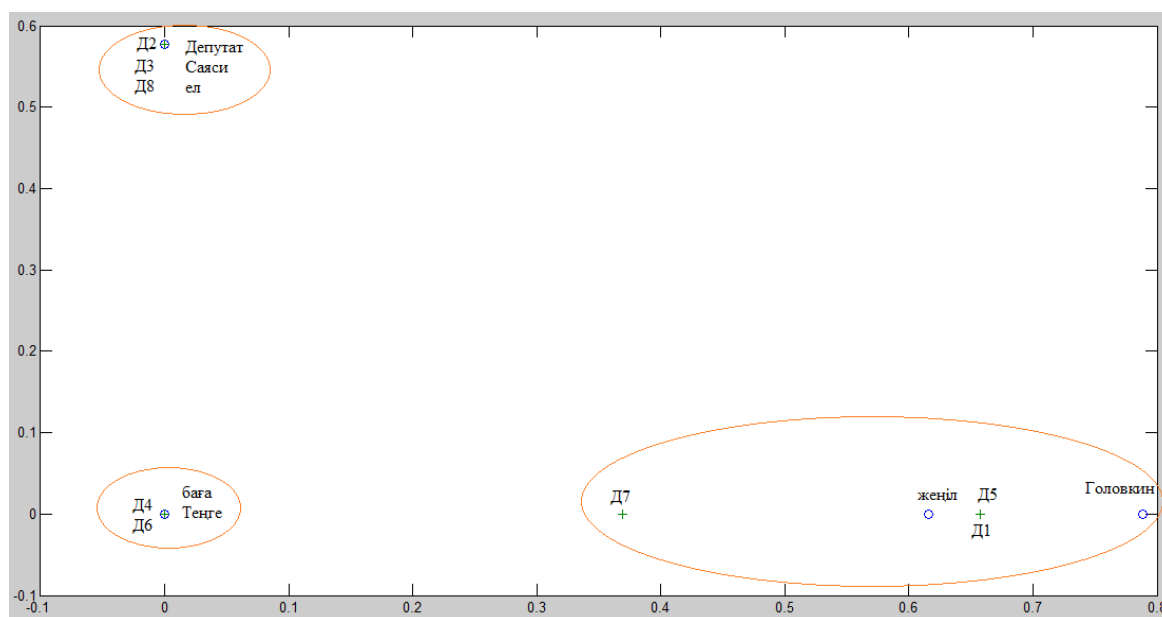


Рисунок 1. Графическое представление результатов латентно-семантического анализа

На рисунке 1 показано, что среди представленных документов имеются 3 тематические группы. Эти группы можно именовать следующим образом: 1 – Финансы, 2 – Спорт, 3 – Политика. Следует подчеркнуть, что разрешение указанных выше задач должно строиться на основе законов проектного управления [12].

Выводы и заключения. Метод латентно-семантического анализа предоставляет довольно хорошие результаты сравнения различных документов по смыслу и дает возможность их автоматической категоризации. Будучи основанным на математических расчетах, этот подход является независимым от языка документов, соответственно подходит и для казахского языка. Вычислительный эксперимент подтвердил работоспособность предложенного алгоритма категоризации на приведенном примере с новостными заголовками.

Список использованной литературы:

1. Тукеев У.А., Рахимова Д.Р., Синтаксический анализ казахского языка на основе грамматики зависимости.
2. Формализация проблемы извлечения знаний из естественно языковых текстов. / [А.Палагин, С.Кривый, Н.Петренко, Д.Бибиков]. – Sofia: Information technologies & knowledge, 2012. – 100 с.
3. Білощицький, А.О. Ефективність методів пошуку збігів у текстов / А.О. Білощицький, О.В. Діхтяренко // Управління розвитком складних систем. – 2013. – № 14. – С. 144-147.
4. Коляда, А.С. Латентно семантический подход для анализа информации из наукометрических баз данных, 22.01.2014, ISSN 2219-5300
5. Scott Deerwester, Susan T. Dumais, George W. Furnas, Thomas K. Landauer, Richard Harshman (1990). Indexing by Latent Semantic Analysis. JOURNAL OF THE AMERICAN SOCIETY FOR INFORMATION SCIENCE. 41(6). – С. 391-407.
6. Некрестьянов И.С. Тематико-ориентированные методы информационного поиска: Диссертационная работа к.т.н.: 05.13.11 / Санкт-Петербургский государственный университет – СПб., 2000. – 80 с.
7. Коляда, А.С. Автоматизация извлечения информации из наукометрических баз данных / А.С. Коляда, В.Д.Гогунский// Управління розвитком складних систем. – 2013. – № 16. – С. 96-99.
8. Rehurek, R. (2011). Subspace tracking for latent semantic analysis. Advances in Information Retrieval. 289-300.
9. Roger B. Bradford (2008). An empirical study of required dimensionality for large-scale latent semantic indexing applications. In proceeding of: Proceedings of the 17th ACM Conference on Information and Knowledge Management, CIKM 2008, Napa Valley, California, USA.
10. Коляда А.С. Разработка проекта информационно-аналитической системы извлечения и обработки информации из наукометрических баз данных / Коляда А.С., Негри А.А., Колесникова Е.В. // Управління проектами: стан та перспективи. Матеріали ІХ Міжнар. наук.-практ. конф. – Миколаїв: НУК, 2013. – 348 с.
11. <https://habrahabr.ru/post/110078/>
12. Гогунский, В.Д. Обоснование закона о конкурентных свойствах проектов / В.Д. Гогунский, С.В. Руденко, П.А. Тесленко // Управління розвитком складних систем. – 2012. – № 8. – С. 14-16.

УДК 004:378(574)
ГРНТИ 14.01.85

Скакова А.Ж.¹

¹к.соц.н., доцент Университета Нархоз, г. Алматы, Казахстан

ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРЕПОДАВАНИИ ДИСЦИПЛИН

Аннотация

В этой статье рассматривается использование ИКТ в преподавании дисциплин, а также влияние информационно-коммуникационных технологий на результат обучения. Важным качеством современных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) является их универсальность, они могут быть основой в организации любой деятельности, связанной с информационным обменом, основой в создании общего информационного пространства. В статье проанализированы разные инструменты ИКТ для общения, создания, распространения, хранения и управления информацией. Отмечена роль online технологии в развитии коммуникационных технологий. Даны конкретные примеры использования облачных программ на примере автора. Выявлены положительные стороны и перспективы развития цифровых систем в образовании. Определена важность использования цифровых сервисов в преподавании дисциплин. А также сделан обзор и анализ статей об образовании будущего.

Ключевые слова: онлайн образование, интернет, информация, коммуникация, технология, цифровая информация.

Аңдатпа

Скакова А.Ж.¹

¹соц.ғ.к., Нархоз Университетінің доценті, Алматы қ., Қазақстан

ПӘНДЕРДІ ОҚЫТУДАҒЫ АҚПАРАТТЫҚ-КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Бұл мақалада сабақ жүргізуде ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың пайдаланылуы, сондай-ақ, ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың оқыту нәтижесіне ықпалы қарастырылған. Қазіргі ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың маңызды сапасы олардың жан-жақтылығы болып табылады, олар ақпарат алмасуға байланысты кез келген іс-әрекеттің және ортақ ақпараттық кеңістік құрудың негізі бола алады. Мақалада ақпаратты қарым-қатынас орнату, құру, тарату, сақтау және басқаруда пайдаланылатын әртүрлі АКТ құралдары талданған. Коммуникациялық технологиялардың дамуындағы on-line технологиялардың ролі атылып көрсетілген. Автордың тәжірибесінен бұлтты программалардың пайдаланылуы нақтынақты мысалдармен берілген. Білім берудегі сандық жүйелердің даму болашағы мен оның оң тұстары ашылып жазылған. Пәндері оқытуда сандық қызметтерді пайдаланудың маңыздылығы анықталған. Сонымен қатар, болашақта білім беру туралы жазылған мақалаларға шолу жасалып, талданған.

Түйінді сөздер: интернет, on-line оқыту, ақпарат, коммуникация, технология, сандық ақпарат.

Abstract

Skakova A.Zh.¹

¹ Cand. Sci. (Social), Associate Professor of Narkhoz University, Almaty, Kazakhstan

INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN TEACHING OF DISCIPLINES

This article discusses the use of ICT in teaching the disciplines, the effect of ICT on learning outcomes. An important quality of modern information and communication technologies (ICT) is their universality, they can be the basis for organizing any activity related to information exchange, the basis for creating a common information space. Analyzed different ICT tools for communication, creation, distribution, storage and management of information. The role of on-line technology in the development of communication technologies was noted. Given specific examples of using cloud programs on the author's example. Good sides and prospects for the development of digital systems in education have been revealed. Determined the importance of digital services in teaching disciplines. As well as an over view and analysis of the article on the formation of the future education was made.

Keywords: online education, internet, information, communication, technology, digital information.

В современном обществе Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) можно встретить повсюду – это более трех миллиардов людей, которые имеют доступ к интернету, примерно 8 из 10 пользователей, пользующихся интернетом и владеющих смартфонами. Приток информации и данных увеличивается не по дням, а по часам. Этот быстрый рост, особенно в развивающихся странах, привел к тому, что ИКТ стало краеугольным камнем повседневной жизни, в которой жизнь без некоторых аспектов технологий делает большую часть конторских, образовательных и повседневных задач дисфункциональной. Из самых последних авторитетных данных, выпущенных в 2014 году, видно, что

использование Интернета продолжает стабильно расти, на уровне 6,6% в глобальном масштабе в 2014 году (3,3% в развитых странах, 8,7% в развивающихся странах), количество интернет-пользователей в развивающихся странах в два раза больше за последние пять лет (2009-2014), причем из них две трети всех людей, живущих в настоящее время в развивающихся странах [1].

Согласно исследованиям международных организаций, ИКТ может улучшить результаты обучения обучающихся и качество преподавания преподавателей. Использование ИКТ в образовании показало положительные результаты в области «Знание-понимание» и «Практические и презентационные навыки» по всем дисциплинам, а также по научным и социальным исследованиям.

Одним из пунктов Послания Главы Государства 2017 года является внедрение программы «Цифровой Казахстан». Уделение такого внимания информационным технологиям говорит об актуальности данной проблемы. Такое решение является очень своевременным, так как оно дает возможность обеспечить развитие коммуникаций, повсеместный доступ к оптоволоконной инфраструктуре. Было также поручено правительству создать на базе одного из объектов ЭКСПО-2017 международный технопарк IT – стартапов, а также о необходимости развивать в стране 3D-принтинг, онлайн-торговлю, мобильный банкинг, цифровые сервисы в здравоохранении и образовании [2].

Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) могут повлиять на обучение студента, когда преподаватели грамотно понимают, как интегрировать их в учебную программу. Для общения, создания, распространения, хранения и управления информацией преподаватели используют разнообразный набор инструментов ИКТ. В некоторых контекстах ИКТ также становится неотъемлемой частью взаимодействия преподавания и обучения, с помощью таких подходов, как замена классной доски интерактивными цифровыми досками, возможность использования студентами «собственные смартфоны» и других устройств для обучения во время занятий, а также модель «перевернутый класс», где студенты смогут посмотреть лекции у себя дома на компьютере и использовать время в аудитории для большего количества интерактивных упражнений.

Основные преимущества использования ИКТ в преподавании:

1. С помощью ИКТ, преподаватели могут с легкостью объяснять сложные инструкции при этом обеспечивая большее понимание студентов.

2. С помощью ИКТ, преподаватели могут создавать интерактивные классы и проводить уроки более приятными и интересными, что может привести к лучшей посещаемости и концентрации учащихся. Когда преподаватель умеет использовать ИКТ на занятиях, это приводит к повышению приобретения навыков мышления, которые они могут использовать в профессиональной деятельности.

Компьютерные технологии и другие аспекты цифровой культуры изменили жизнь людей. Дипломированные специалисты, которые менее знакомы с цифровой культурой, все более и более находятся в невыгодном положении в национальной и мировой экономике. Цифровая грамотность – это навыки поиска, извлечения, и создания информации. А также использование СМИ для участия в обществе – стали важным рассмотрением для структуры учебного плана [3].

И сегодня преподаватели понимают важность использования ИКТ. Если провести сравнительный анализ, то например в Европе 95% преподавателей, а в Казахстане всего 35% используют ИКТ во время проведения занятий.

Зададимся вопросом: Почему такой маленький процент использования ИКТ в Казахстане? С чем это связано? Можно смело сказать, что за последние годы все учебные заведения стараются развить инфраструктуру ИКТ в своих учреждениях, такие как, покупка нового оборудования, подключение к высокоскоростному интернету, профессиональная переподготовка кадров и цифровое содержание обучения. Однако все преподаватели готовы применить ИКТ в обучении. Это главная проблема, которая связана и с незнанием английского языка. Только определенное количество преподавателей берут на себя инициативу и внедряют новые коммуникационные технологии на своих занятиях. Эти преподаватели самостоятельно изучают существующие бесплатные онлайн приложения и начинают их использовать в обучении к предмету. Но есть и некоторые университеты которые организуют бесплатные курсы для своих ППС по освоению передовых инновационных электронных образовательных технологий. Например, в университете Нархоз работает проектная группа по внедрению новых методов обучения с использованием ИКТ в преподаваемой дисциплине. Были организованы такие курсы, как «Использование Plickers», «Использование Google Drive», «Как работать на Moodle» и т.д. А также при университете функционирует языковой центр, который проводит языковые курсы для ППС по доступной цене.

Из своего опыта могу назвать некоторые бесплатные приложения, используемые для образовательных целей. Например можно выделить такие программы как: MOODLE, PowToons, Socrative, Plickers,

Classroom, Quizlet и т.д. С помощью этих приложений можно создавать интерактивные видео-презентации, провести контроль знаний студентов онлайн, провести анкетирование, организовывать ролевые игры во время занятий также быстрый прием СРС. Все эти приложения помогут студенту как при освоении данной темы, так и преподавателю в установлении обратной связи со студентами, которая является основным элементом в интерактивном методе обучения.

Единственным недостатком данных приложений, кроме среды Moodle, является английский интерфейс. Преподавателям, не владеющим английским языком, это создает некоторый дискомфорт.

Поэтому, я считаю, программа трехязычного образования – очень верное решение нашего президента. Как говорил Вольтер: «Знать много языков – значит иметь много ключей к одному замку».

В университете Нархоз количество студентов на дистанционном обучении растет с каждым годом. Университет использует учебную среду Moodle. Что такое Moodle? Moodle – модульная объектно-ориентированная динамическая учебная среда. Moodle – это пакет, который обычно определяют, как CMS или LMS. Эти аббревиатуры можно расшифровать следующим образом:

- CMS - course management system - система управления курсами
- LMS - learning management system - система управления обучением

Moodle написана на языке программирования PHP профессором из Австралии Мартином Дунгиамосом, переведена на несколько десятков языков и используется для обучения более чем, в ста пятидесяти странах мира в том числе и в Казахстане.

Широкую популярность ей обеспечили простота использования и открытый исходный код. Сама система распространяется по лицензии GNU GPL и вам не придется производить лицензионные отчисления в пользу разработчика.

Основной учебной единицей Moodle являются учебные курсы. В рамках такого курса можно организовать:

1. Взаимодействие студентов между собой и с преподавателем. Для этого могут использоваться такие элементы как: форумы, чаты.
2. Передачу знаний в электронном виде с помощью файлов, архивов, веб-страниц, лекций.
3. Проверку знаний и обучение с помощью тестов и заданий. Результаты работы студенты могут отправлять в текстовом виде или в виде файлов.
4. Совместную учебную и исследовательскую работу студентов по определенной теме, с помощью встроенных механизмов wiki, семинаров, форумов и пр [4].

А также имеются и другие облачные программы для оценки студентов онлайн, организации приема СРС и т.д.

Развитие информационно-коммуникативной компетентности (информационная грамотность) в современных ВУЗах осваивается и применяется во всем образовательном процессе, в различных предметах и формах учебной и воспитательной деятельности.

В этой связи перед системой образования РК сегодня стоит задача смены модели использования ИКТ в образовательных учреждениях переход от модели «компьютерный класс для преподавания информатики» к модели, в которой ИКТ активно используются в преподавании всех дисциплин, являясь инструментом перестройки всего учебного процесса.

Из интервью Митию Каку, который является преподавателем с мировым именем, «Каким он видит образование будущего», согласно его утверждениям, учеба не должна базироваться на запоминании, образование будет базироваться на интернет-технологиях и гаджетах типа Googleglass [5]. Мы должны отходить от заучивания терминов и определений. Надо прививать анализировать, уметь аргументировать сказанное, мыслить критически, уметь делать выводы и развивать лидерские качества чтобы принимать решения.

Все вузы предоставляют онлайн-курсы. Но процент, бросивших учебу на таких программах, очень высок. Это связано с тем, что люди еще не перестроились, и у них нет мотивации. Онлайн-система только зарождается и поэтому ее нужно корректировать. Как полагает Митию Каку, в будущем университеты сохранятся, но это будут преимущественно виртуальные вузы, обучение в которых основано на облачной системе. А также будет такой сервис, как педагогика онлайн. Причем онлайн не значит, что все сидят перед компьютером и глядят в мониторы: меняется сама среда, в которой люди живут, и интерфейсы, которые с ними взаимодействуют.

Чтобы добиться реального успеха, нужно развивать те способности, которые недоступны роботам: креативность, воображение, инициатива, лидерские качества.

Как считает Микио Каку действующая система образования готовит специалистов прошлого. Мы

учим их для того, чтобы они шли на работу, которой уже не существует, обеспечиваем теми интеллектуальными инструментами, которые давно не эффективны [5]. Поэтому в мире такой высокий процент безработных. Сейчас специалисты образовательной сферы кардинально пересматривают учебные программы по естественным наукам, которые имеют непосредственное отношение к технологиям будущего.

В заключении отметим, что использование ИКТ в преподавании дисциплин может улучшить результаты обучения обучающихся и качество преподавания преподавателей. Имеется очень много облачных программ для использования на занятиях. С каждым годом уделяется особое внимание развитию ИКТ во всех сферах жизни. И будущее образование будет базироваться на интернет-технологиях.

Список использованной литературы:

1. Кантони, Л., & Danowski, JA (ред.). Связь и технологии. - Берлин: DeGruyter Мунон. (2015).
2. http://www.akorda.kz/ru/addresses/addresses_of_president/poslanie-prezidenta-respubliki-kazahstan-nnazarbaeva-narodu-kazahstana-31-yanvaryu-2017-g
3. Турганбаева А.Р., Гусманова Ф.Р., Скиба М.А. Е-портфолионы қамтитын ақпараттық ресурстарға қойылатын талаптар//Вестник КазНПУ, Серия ФМН, №4(56)-2016, стр. 224
4. Оливер, Рон. "Роль ИКТ в высшем образовании в 21 веке: ИКТ как агент изменений для образования." Университет, Перт, Западная Австралия, 2002.
5. <https://opentechology.ru/products/moodle>
6. <http://www.vospitaj.com/blog/mitio-kaku-uchjoba-uzhe-ne-budet-bazirovatsya-na-zapominanii/>

УДК 374.1:004.087

ГРНТИ81.93.29

Н.С. Уалиев¹, А.А. Сакабаев², Г. Жақанқызы³

^{1,2}*Жетысуский государственный университет им. И.Жансугурова, г. Талдықорган, Казахстан*

³*магистрант специальности «Информатика» Жетысуского государственного университета им. И.Жансугурова, г. Талдықорган, Казахстан*

ЗАЩИЩЕННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА НА БАЗЕ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ КОНЦЕПЦИИ ТЕХНОЛОГИИ WEB 3.0

Аннотация

В данной статье описано теоретическое обоснование необходимости создания и применения защищенных информационно-образовательных сред в виде мобильных приложений, реализуемых практическое применение возможностей предоставляемые концепцией семантической сети WEB 3.0. С учетом специфики работы информационно-образовательных сред на мобильных устройствах отображены наиболее важные аспекты, к которым необходимо уделить пристальное внимание при анализе и выборе программных продуктов для реализации приложений.

Ключевые слова: защита информации, web 3.0, мобильное приложение, мобильные платформы, информационно-образовательная среда.

Аңдатпа

Н.С. Уалиев¹, А.А. Сакабаев², Г. Жақанқызы³

^{1,2}*І.Жансүгіров атындағы Жетісу мемлекеттік университеті, Талдықорган қ., Қазақстан*

³*І.Жансүгіров атындағы Жетісу мемлекеттік университеті, «Информатика» мамандығының магистранты, Талдықорган қ., Қазақстан*

ҰЯЛЫ ҚОСЫМШАЛАР НЕГІЗІНДЕГІ ҚОРҒАЛҒАН АҚПАРАТТЫҚ БІЛІМ БЕРУ ОРТАСЫ WEB 3.0 ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ТҰЖЫРЫМДАМАСЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУ ФАКТОРЫ РЕТІНДЕ

Мақалада практикалық пайдаланылу мүмкіндіктері WEB 3.0 семантикалық желісінің тұжырымдамасы арқылы ұсынылатын ұялы қосымшалар түріндегі қорғалған ақпараттық білім беру орталарын құру және қолдану қажеттілігінің теориялық негіздемесі сипатталған. Ақпараттық-білім беру орталарының жұмыс істеу ерекшелігін ескеретін, қосымшаны құруға арналған программалық өнімдерді талдауда және таңдауда ерекше назар аударуды талап ететін маңызды аспектілер ұялы құрылғыларда бейнеленген.

Түйінді сөздер: деректерді қорғау, web 3.0, ұялы қосымша, ұялы платформалар, ақпараттық және білім беру ортасы.

Abstract

Ualiyev N.S.¹, Sakabayev A.A.², Zhakankyzy G.³

^{1,2} I.Zhasygirov Zhetysu State University, Taldykorgan, Kazakhstan

³Student of Master Programme in Computer Science of I.Zhasygirov Zhetysu State University, Taldykorgan, Kazakhstan

PROTECTED INFORMATION AND EDUCATIONAL ENVIRONMENT ON THE BASIS OF MOBILE APPLICATIONS AS A FACTOR OF THE FORMING CONCEPT OF TECHNOLOGY WEB 3.0

This article describes the theoretical justification of necessity of creation and application of the protected informational and educational environments in the form of mobile applications enabling practical application of opportunities provided by the concept of the WEB 3.0 semantic network. Taking into account the specifics of the information and educational environments on mobile devices are displayed the most important aspects, which should be given attention in the analysis and the choice of software to implement web-based applications.

Keywords: information security, web 3.0, mobile application information and educational environment.

Одним из приоритетных направлений государственной политики Республики Казахстан в области образования является информатизация. Интересы современного поколения связаны с использованием возможностей глобальной сети Интернет, с различными сервисами. Применение современных информационных технологий в образовательном процессе повышают мотивацию обучения у молодого поколения, формируя электронное образование.

Крупнейшие интернет-корпорации BBC, IBM, Google, Oracle новым направлением в развитии мировой паутины предложили концепцию семантической паутины или Web 3.0.

Семантическая сеть представляет собой модель определённой предметной области, представленную в виде графа, вершинами которого являются понятия, а ребра – отношения между понятиями.

Суть предложенной концепции заключается в том, что пользователи, являются активными участниками и создателями метаданных. Семантическая сеть, таким образом, решает самую актуальную проблему развития Интернета – поиск значимой информации. Главное отличие сервисов Web 3.0 состоит в коллективной реализации контента, который контролируется экспертным сообществом, тем самым обеспечивая высококачественный образовательный ресурс. Технология Web 3.0 предполагает реализацию специализированных дифференцированных сайтов по областям применения. Web 3.0. представляется как социальное сообщество фундаментальным отличием, которого является автоматический вывод рекомендаций.

Использование технологии Web 3.0. в образовательном процессе является весьма перспективным, поскольку данная технология на начальных стадиях предусматривает защиту от недостоверной информации или некачественных материалов на открытых образовательных ресурсах, возможность редактирования преподавателем, экспертом предоставляемых ресурсов, используемых в обучении.

Применение этой технологии становится возможным при создании концептуально новой информационно-образовательной среды с элементами присутствия на мобильных носителях в виде приложений. К тому же, создание информационно-образовательной среды такого типа будет значительным шагом к пути реализации стратегического направления по созданию отечественных цифровых образовательных ресурсов, заложенных в Стратегии информатизации системы образования Республики Казахстан.

В свою очередь необходимо определиться с дефиницией новой ИОС. Исходя из психолого-педагогических и дидактических исследований в данной области видных отечественных и зарубежных ученых (А.Р. Джандигулов, А.Т. Едрисов, Е.И. Машбиц, Е.С. Полат, И.В. Роберт, В.А. Ясвин и др.), под информационно-образовательной средой следует понимать:

– единое информационно-образовательное пространство, построенное на основании интеграции информации на традиционных, электронных и мобильных носителях, компьютерно-телекоммуникационных технологиях взаимодействия, включающее в себя учебно-методические комплексы и расширенный аппарат дидактики [1];

– совокупность субъектов (преподаватель, обучаемые) и объектов (содержание, средства обучения и учебных коммуникаций, прежде всего, на базе информационно-коммуникационных технологий и т.д.) образовательного процесса, обеспечивающих эффективную реализацию современных педагогических технологий, ориентированных на повышение качества образовательных результатов и выступающих как средство построения лично ориентированной педагогической системы [2].

Информационно-образовательная среда, базируясь на технологии Web 3.0. предполагает:

– переход от традиционных форм образования к инновационным;

- самостоятельное обучение (англ.: self-organized learning);
- использование 3D технологии для повышения наглядности материала;
- применение «Мобильных технологий» (англ.: mobile technologies).

Применение мобильных технологий тесно связано с дистанционным и электронным обучением, базируется на применении мобильных устройств. Обучение не зависит от месторасположения пользователя и происходит благодаря использованию мобильных средств общения [3].

Использование мобильных технологий в образовательном процессе позволит:

- создать распределенный управляемый образовательный ресурс;
- совместная деятельность участников образовательного процесса вне зависимости от географического расположения;

- использовать мобильное устройство как накопитель;

Электронное обучение на основе мобильных устройств базируется на 12 принципах:

- доступность, обеспечивает доступ к контенту в любое удобное время;
- метрики, показатели понимания и качества знаний;
- облако, доступ к облачным технологиям, постоянное использование источников данных;
- прозрачность, возможность установления связи, как с локальным, так и с глобальным сообществом;
- игра, динамичная форма обучения, повышение мотивации к образовательному процессу;
- асинхронность, один из значимых принципов асинхронный доступ;
- содействие, планирование образовательного процесса студентами совместно с преподавателем;
- разнообразие, изменение среды обучения, поток новых идей;
- курьирование, возможность курьирования, контролирования образовательного процесса;
- смешивание, различные типы взаимодействия участников процесса;
- постоянство, непрерывный процесс обучения;
- аутентичность, персонализация.

Современные образовательные ресурсы на базе новой информационно-образовательной среды имеет высокий потенциал, влияющий на качество обучения.

При этом возникает острая потребность в обеспечении безопасности данных, проходящих через информационно-образовательную среду, это касается не только методов аутентификации пользователей и преподавателей, методов по обеспечению защиты от потери данных, методов защиты от целенаправленных вирусных атак со стороны киберпреступников, но также и методов обеспечения защиты информации применимые к электронным носителям.

Из-за специфики работы информационно-образовательной среды на мобильных устройствах при анализе и выборе программных продуктов для реализации информационно-образовательной среды необходимо уделить особое внимание таким аспектам как:

1. Защита данных во время сеанса сетевого взаимодействия с сервером или облаком;
2. Защита данных, которые кэшируются или хранятся в памяти мобильного устройства;
3. Механизмы защиты ключей шифрования;
4. Механизмы блокировки неочевидных каналов утечки информации;
5. Контроль целостности среды исполнения;
6. Интеграция с корпоративными системами и службами.

Для решения этих и других проблем применяются криптографические и программно-технические методы, а также методы информационной безопасности, характерные для мобильных устройств.

Криптографические методы обеспечения информационной безопасности представляют собой совокупность методов преобразования данных, направленных на то, чтобы сделать эти данные бесполезными для противника. Такие преобразования позволяют решить две главные проблемы защиты данных: проблему конфиденциальности (путем лишения противника возможности извлечь информацию из канала связи) и проблему целостности (путем лишения противника возможности изменить сообщение так, чтобы изменился его смысл, или ввести ложную информацию в канал связи).

Программно-технические методы направлены на контроль компьютерных сущностей – оборудования, программ и/или данных, образуют последний и самый важный рубеж информационной безопасности. Напомним, что ущерб наносят в основном действия легальных пользователей, по отношению к которым процедурные регуляторы малоэффективны. Главные враги – некомпетентность и неаккуратность при выполнении служебных обязанностей, и только программно-технические меры способны им противостоять.

К методам информационной безопасности, характерным для мобильных платформ относят как встроенные средства безопасности мобильных устройств, так и программное обеспечение сторонних разработчиков.

Встроенные средства защиты – это средства, заложенные производителями в процессе разработки устройства. К ним относят блокировку экрана мобильного устройства, шифрование памяти устройства, внешней карты памяти, блокировку активации учетных записей [4].

Чаще всего используются превентивные методы защиты, такие как блокировка экрана мобильного устройства посредством PIN-кода, пароля доступа, подписи, рисунка, распознавания лица или голоса.

Шифрование памяти устройства может обеспечить сохранность данных пользователя, расположенных в памяти устройства.

Шифрование внешней карты обеспечивает надежную защиту данных на внешней SD-карте. Здесь могут храниться личные данные, текстовые файлы с информацией коммерческого или личного характера.

Таким образом, для того чтобы информационно-образовательная среда стала комплексной, защищенной, мобильной средой следует произвести все вышеописанные методы для реализации слияния семантической технологии Web 3.0 и защищенных информационных ресурсов образовательного характера, для качественного перехода к системе открытого имманентного образования.

Список использованной литературы:

1. Зенкина С.В. Информационно-коммуникационная среда, ориентированная на новые образовательные результаты [Текст] / С.В.Зенкина. - М., 2007.
2. Sakabayev A.A., Ualiyev N.S. Information security of mobile platforms - Международная научно-практическая конференция: «Наука сегодня: теоретические и практические аспекты». [Электронный ресурс]. – Россия, Москва: Издательство «Перо», 2015. – 615 с.
3. Уалиев Н.С., Серубай А.К. Современная информационно-образовательная среда на основе возможностей технологии Web 3.0-Журнал «ScienceTime» - №9 (21).-Казань, 2015
4. Сакабаев А.А., Уалиев Н.С. Угрозы безопасности мобильных платформ и практические пути их разрешения. - Журнал «ScienceTime» - №2 (14). - Казань, 2015

ӘОЖ 378.18:378.4
МРНТИ 14.01.85

К.З. Халықова¹

¹п.ғ.к., Абай атындағы ҚазҰПУ, Математика, физика және информатика институтының профессоры, Алматы қ., Қазақстан

ИНТЕРАКТИВТІ ОҚЫТУ – БОЛАШАҚ ИНФОРМАТИКА МАМАНДАРЫН КӘСІБИ ДАЯРЛАУДЫ ЖЕТІЛДІРУ ҚҰРАЛЫ РЕТІНДЕ

Аңдатпа

Мақалада болашақ информатика мамандарын кәсіби даярлауда интерактивті оқыту әдістерін пайдалану мәселесі қарастырылады. Қазақстан Республикасында қабылданған нормативті құжаттардағы аталған мәселенің өзектілігі талданған. Жоғары оқу орындарында мамандар даярлауды жүзеге асыруда студенттердің интеллектуалдық деңгейін дамытудың маңыздылығы аталып көрсетілген және оған интерактивті оқыту әдістерін білім беру процесінде тиімді пайдаланған жағдайда қол жеткізуге болатындығы туралы айтылған. Болашақ информатика мамандарын даярлау процесінде оқытылатын арнайы және әдістемелік пәндерді оқытуда интерактивті кешенді тапсырмалар мен жаттығулар даярлап, оны оқыту процесіне енгізу маңыздылыққа ие екендігі аталып көрсетілген. Педагогтың инновациялық іс-әрекетке даярлығының негізгі белгілері келтірілген. Сондай-ақ, мақалада педагогикалық жоғары оқу орындарында болашақ мамандарды үздіксіз даярлау процесінде интерактивті оқытуды жүзеге асыру және педагог мамандарды инновациялық оқыту технологияларды енгізуге даярлау тәжірибелері талданған.

Түйінді сөздер: интерактивті оқыту, инновациялық технологиялар, интерактивті өзара әрекеттесу, инновациялық іс-әрекет, болашақ информатика мамандарын даярлау процесі, студенттің мотивациялық-құндылық бағдары.

Аннотация
К.З. Халыкова¹

¹к.п.н., профессор Института Математики, физики и информатики при КазНПУ им. Абая,
г. Алматы, Казахстан

ИНТЕРАКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ КАК СРЕДСТВА УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ ИНФОРМАТИКОВ

В статье рассматривается использование интерактивных методов обучения в процессе профессиональной подготовки будущих специалистов информатиков. Проанализирована актуальность данного исследования в нормативных документах, принятых в Республике Казахстан. Указана сущность развития интеллектуального уровня студентов в реализации подготовки специалистов высших учебных заведений, уровень которого можно достигнуть в условиях эффективного использования интерактивного обучения в образовательном процессе. В этом процессе приобретает особую значимость подготовка и внедрение комплекса интерактивных заданий и упражнений в преподавании специальных и методических дисциплин. Приведены основные принципы готовности педагога к инновационной деятельности. А также в статье проанализирована практика реализации интерактивного обучения в процесс непрерывной подготовки будущих специалистов в высших учебных заведениях и подготовка педагогов к внедрению технологий инновационного обучения.

Ключевые слова: интерактивное обучение, инновационные технологии, интерактивное взаимодействие, инновационная деятельность, процесс подготовки будущих специалистов информатики, мотивационная ценностная ориентация студента

Abstract
Khalikova G.Z.¹

¹ Cand. Sci. (Pedagogical), Professor of the Institute of Mathematics, Physics and Informatics at Abai KazNPU,
Almaty, Kazakhstan

INTERACTIVE TEACHING METHODS AS TOOLS OF IMPROVING THE PROFESSIONAL TRAINING OF FUTURE INFORMATICS SPECIALISTS

The usage of interactive teaching methods in the professional training process of future informatics specialists are considered in this article. The relevance of this research in normative documents that adopted in the Republic of Kazakhstan is analyzed. The essence of the development of the intellectual level of students in the implementation of the training of specialists in higher education is indicated, and this can be achieved in the context of the effectiveness use of interactive teaching in the educational process. Set of interactive tasks and exercises in the teaching process of special and methodical disciplines acquires special significance in the preparation and implementation process. The main principles of the teacher's readiness for innovative activity are given. Also, the article analyzes the practice of implementing interactive learning in the process of continuing training of future specialists in higher education institutions and training teachers for the introduction of innovative teaching technology.

Keywords: interactive training, innovative technologies, interactive interaction, innovative activity, the process of training future specialists in informatics, the motivational value orientation of student

Жоғары білім беру жүйесінің алдындағы тұрған маңызды міндеттердің бірі – болашақ мамандарға тек білімді меңгерту ғана емес, сонымен бірге олардың ойлау іс-әрекетінің тәсілдерін түбегейлі өзгерту болып табылады. Мұндағы маңызды мәселе жоғары оқу орнында нені үйрететіндігінде емес, оны қалай үйрететіндігінде болып табылады. Дәл осы фактор студенттердің танымдық, интеллектуалдық, шығармашылық дамуына жол ашып, олардың кәсіби даярлығының қалыптасуына, болашақта өзінің әлеуметтік ортадатабысты маман ретінде орнығуын қамтамасыз етеді. Бұл мәселе жөнінде елімізде білім беру жүйесін дамытудың катализаторына айналған ақпараттандыру үдерісі мен білім беру саласына инновациялық технологияларды енгізудің негізгі бағыттары және идеялары, еліміздің тұрақты экономикалық дамуына негіз болатын бәсекеге қабілетті мамандар даярлау мәселелері Қазақстан Республикасының 2005-2010 жылдарға арналған білім беруді дамытудың мемлекеттік білім бағдарламасында, Қазақстан Республикасының 2015 жылға дейінгі білім беру тұжырымдамасында, «Қазақстан – 2030» стратегиясында, 2020 жылға дейінгі Қазақстан Республикасының Стратегиялық даму жоспарында, "Нұрлы Жол - Болашаққа бастар жол" (2014 ж.), "Қазақстан жаңа ауқымды шынайылықта: өсім, реформалар, даму" атты Ел Басы Н.Ә. Назарбаевтың халыққа Жолдауларында айрықша аталып көрсетілді.

Жоғары білім беру саласында: «...еңбек нарығының қажеттілігін, жеке тұлғаның, елдің индустриалды-инновациялық даму міндеттерін қанағаттандыратын және білім беру саласында әлемдік практикаға сәйкес білім берудің жоғарғы деңгейдегі сапасына қол жеткізу қажеттілігі» аталып көрсетілген [1].

"100 нақты қадам" атты Ұлт Жоспарының негізінде жасалған "Қазақстан Республикасында Білім мен ғылымды дамытудың 2016-2019 жж. арналған мемлекеттік бағдарламасында" [2] білім беру мен ғылымды ары қарай дамыту шаралары нақты белгіленген.

Жоғары оқу орнында табысты оқытуды жүзеге асыру үшін студенттің жалпы интеллектуалдық даму

деңгейі, дәлірек айтқанда, ақпаратты қабылдау деңгейі, оны талдай білуі, есте сақтау қабілеті, ойлау жүйесі, ынтасы мен зейіні, танымдық қызығушылығының ауқымы, белгілі бір логикалық әрекеттерді меңгеру деңгейі барынша жоғары болуы тиіс.

Бұл жоғары оқу орнының ұстаздарынан оқытуды барынша жаңа тәсілмен ұйымдастыруды талап етеді. Жоғары оқу орындарында білім берудің қазіргі жағдайында студенттердің құндылық бағдарының құрылымында айтарлықтай өзгерістер жасауға әкелетін оқыту әдістеріненгізуді талап етеді. Бұл білім алу сапасын арттыруды қамтамасыз етуді, кәсіби іскерлік пен дағдыларды қоғам тарапынан мамандар сапасына қойылатын талаптар деңгейінде қалыптастыруды жүзеге асыру интерактивті оқыту әдістері негізінде жүзеге асырылады. Оқытуды ұйымдастырудың бұл арнайы жаңа түрі оқытудың әртүрлі құралдары, әдістерімен тәсілдерін, оқытушы мен студенттердің өзара әрекеттесуінің жаңа тәсілдерін енгізуді ұсынады. Мұндағы негізгі ұғым оқыту тәсілі болып табылады, ол алынған ақпараттың адам үшін маңызды мәні бар білім болып қалыптасуын қамтамасыз ететін әрекеттер жиынтығы ретінде түсініледі. Интерактивті оқыту студенттердің педагогпен ауқымды өзара әрекеттесуінен ғана тұрмайды, сонымен бірге, олардың бір-бірімен өзара әрекеттесуін қамтиды және оқыту процесіндегі олардың белсенділігі басымдыққа ие болады [3].

Аталған оқытушы мен студенттердің бірлескен іс-әрекетінің үш маңызды жағын атап көрсетуге болады:

- қарым-қатынас – біліммен, құндылықтармен және идеялармен алмасуда өзекті мәселе болып табылады, сонымен бірге, субъект пен субъектінің өзара әрекеттесуі, субъектілердің өзара әрекеттесуіндегі эмоционалдық күйлері де ерекше мәнге ие;

- интерактивті – білімді тиімді меңгеруді қамтамасыз ететін, оны практикалық іс-әрекетте сауатты қолдана білу іскерлігін, білімін жинақтап, соның негізінде жаңа білімді қалыптастыруды қамтамасыз ететін барлық танымдық процесс түрлері белсенділікке ие болады;

- перцептивті – оқыту субъектілерінің бірін-бірі тануы және қабылдау процесі де маңызды, өйткені, осы процестер негізінде өзара түсіністік қалыптасады, бұл қоршаған ортамен өзара әрекеттесуде, кәсіби және басқару міндеттерін шешуде ерекше мәнге ие.

Интерактивті оқытудың тиімділігі оқытушы мен студенттердің арасындағы қаншалықты дұрыс өзара қарым-қатынастың орнатылғанына тәуелді. Сонымен бірге, белсенді оқыту әдістері мен педагогикалық технологиялардың қандай деңгейде пайдаланылғанына, әдістемелік материалдың қандай деңгейде даярланғанына, оларды жеткізу тәсілдерімен қаншалықты қамтамасыз етілгеніне, оқу процесіндегі кері байланыстың қаншалықты тиімді екендігіне тәуелді.

Бұл мәселенің тиімді шешімін табуы студенттің білімді өз бетімен алуын және өзінің оқу процесін өз бетімен басқарып, реттеуін қамтамасыз етеді. Осындай іс-әрекеттің нәтижесінде алынған білім маңызды құндылыққа айналады.

Сөйтіп, интерактивті оқыту – оқытушыдан аянбай еңбек етуді талап етеді және студенттің өз бетіндік, белсенді іс-әрекетіне жоғары талап қойылады. Бұл өз кезегінде, студенттің өзінің білімді меңгеру траекториясын құруына, кәсіби іс-әрекеті үшін оның мәнділігін түсінуіне және болашақта оны ары қарай қалай жалғастыруға болатынын түсінуіне мүмкіндік береді.

Аталған мәселені зерттеу жоғары оқу орнында болашақ информатика мамандарын даярлау процесінде оқытылатын арнайы және әдістемелік пәндерді оқытуда интерактивті кешенді тапсырмалар мен жаттығулар даярлап, оны оқыту процесіне енгізуді талап етті. Мұндай тапсырмаларды орындау нәтижесінде студент оқу материалын оқып, үйреніп, бекітіп қана қоймай, сонымен бірге, әрбір тұлғаның өзіндік дамуына және болашақта өзінің әлеуметтік ортадатабысты маман ретінде орнығуын қамтамасыз етуге қажетті жеке тұлғалық және кәсіби сипаттамалары да қалыптасады. Алынған зерттеу нәтижелері интерактивті режимде студенттердің оқу іс-әрекетін ұйымдастыруда маңызды өзгерістердің орын алғанын көрсетті.

Ең алдымен, студенттердің оқуға деген қызығушылығы артты және оқытушы мен студенттер арасында үлесімді өзара қарым-қатынас қалыптасты. Студенттер сабаққа ерекше ықыласпен қатынасып, өздерінің оқудағы жеткен жетістіктеріне ризашылық сезімпейда болды. Студенттер шағын жобалар жасап, оны қорғады, топпен жұмыс істеуге үйренді, топпен жұмыс істеу барысында бір-біріне көмек көрсету, өзара бақылау мен бағалау процесі маңыздылыққа ие болып, ынтымақтастыққа қол жетті. Ең маңызды мәселе, олардың болашақта кәсіби маман ретінде қалыптасып, дамуына қажетті сапалы білім алуға деген орнықты ұмтылысты ерекше атауға болады. Студенттердің оқу және әртүрлі іс-әрекеттері мен көзқарастарын ары қарай бақылау нәтижесінен олардың шешімін таппаған мәселелердің шешімін табуға дайын екендіктерін, оқыту процесінде пайда болған қиындықтардан теріс айналмай, оларды өз беттерімен

жеңуге болатынын және студенттік өмірде пайдаланылатын мәселелерді өз бетімен шешуге ұмтылғандары байқалды.

Студенттердің жоғары білім алуға айқын ұмтылысы, жақсы өмір сүруге, материалдық қамтамасыз етілуге көзқарас, әлеуметтенуге ұмтылыс, өмірлік жоспарларын құру олардың құндылық бағдарларының қалыптасқандығын, табысқа жетуге ұмтылысын, мақсат қоюға ұмтылу, өзбетінділік, қарым-қатынас жасай білу сынды әлеуметтік-психологиялық сапалардың қалыптасқандығын көрсетеді.

Интерактивті оқыту барысында қалыптасатын бұл құндылықтар мен қызығушылықтар жүйесі студенттің тәртібі мен іс-әрекетін реттеуде, олардың тұлға ретінде қалыптасып, дамуында үлкен мәнге ие және болашақта өзінің интеллектуалдық әлеуеті мен әлеуметтік белсенділігін көрсетіп, жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Оқыту процесінде субъектілердің өзара әрекеттесу ерекшеліктерін сипаттайтын өнімді оқыту әдістерін іріктеу студенттермен өзара қарым-қатынасты ұйымдастыруда маңызды болып табылады. Егер педагогика тарихына көз жүгіртсек, оқыту мен тәрбиелеу процесінде терең зерттеуді талап ететін мәселелер жеткілікті. Олардың бірқатары туралы қалыптасқан белгілі көзқарастар мен пікірлер бар. Б.М. Кларин көрсеткеніндей, "қазіргі дидактикалық ізденістердің ішінен оқудағы талқылаулар ерекше орын алады. Оқытуды ұйымдастыру формасы мен оқу материалының мазмұнымен жұмыс істеу тәсілі бір-бірімен тығыз байланысты. Ол сындарлы ойлауды дамытып, демократиялық қоғам мәдениетіне баулиды" [4].

Қойылған жағдайларды бірлесе талқылау сынды мәселені шешуге барлық субъектілерді қатыстыра отырып, ұйымдастырылған өзара қарым-қатынас процесінде өнімді өзара әрекеттесу жүзеге асырылады. Мұнда белсенділік қатысушылардың тұлғалылығына емес, қарым-қатынасқа бағытталады. Қарым-қатынасты жүзеге асыру пән арқылы орындалады, ал пән ретінде адамзат қызметінің барлық саласындағы таным алынуы мүмкін. Тікелей қарым-қатынас арқылы студенттер мен оқытушының өнімді өзара әрекеттесуін ұйымдастыру үшін тікелей қарым-қатынасты ұйымдастырудың арнайы құралдары мен әдістері, педагогикалық өзара әрекеттесуді ұйымдастырудың формалары мен кезеңдерін қамтитын арнайы технология пайдаланылды. Бұл оқыту процесін дәстүрлі әдіспен жүргізбей, оқытушы мен студенттің белсенді әрекеттесуі, оқу-танымдық іс-әрекеттің интенсивтендіру арқылы жүзеге асырылады. Осындай субъектінің белсенді іс-әрекетіне негізделіп құрылған оқыту нәтижесі оқу материалын тек механикалық түрде есте сақтап қана қоймай, сонымен бірге, оны түсініп, талдап, оған өзінің бағасын беріп, пікірін айтуға мүмкіндік береді. Сонымен, дәстүрлі әдістегі оқытушының монологы интерактивті оқытуда студенттер мен оқытушының белсенді тікелей қарым-қатынасына айналады.

Біздің зерттеуімізде интерактивті оқыту әдістері ретінде рольдік, іскерлік ойындар, жобалық әдіс, электрондық портфолио, интеллект-карта, нақты педагогикалық жағдайларды талдау сынды белсенді әдістер пайдаланылды [3], [5], [6], [7]. Мұндай тікелей өзара әрекеттесудің маңызды ерекшелігі студенттер мен педагогтардың "басқа рольді бірден қабылдауы", тікелей қарым-қатынас кезінде оны серіктесі қалай қабылдайтыны жөнінде көз алдына елесетіп, сол рольді ұйымдастырылған педагогикалық жағдай кезінде алып шығу үшін өзінің нақты орындайтын әрекеттерін талдап, анықтау болып табылады. Интерактивті өзара әрекеттесу оның өзара әрекеттесу жүйесін ұсынады: педагог тарапынан жоспарланған әрекеттер, ал студенттер тарапынан күтпеген жағдайлар, ал бұл жағдайлар олардың субъектілігін үйлесімді дамытуға мүмкіндік береді. Бұл практикалық сабақтарда да "дөңгелек үстел", "педагогикалық кеңес" тәрізді формада табысты жүзеге асырылады.

Интерактивті өзара әрекеттесудің маңызды компоненттерінің бірі - оқыту құралдары болып табылады. Біздің жағдайда оқу-әдістемелік әдебиеттер мен электрондық оқу құралдары, интернет ресурстары мен компьютер, интерактивті тақта, арнайы пәндерге байланысты программалық құралдар пайдаланылды. Оларды пайдалану ерекшелігі оқыту формасына, студенттердің дербес ерекшелігіне, ақпаратты қабылдау және ойлау ерекшеліктеріне байланысты факторлармен анықталады.

Интерактивті оқыту әртүрлі технологияларды пайдалануды талап етеді: "оқытушы-студент" өзара әрекеттесу жүйесіндегі қатынастар типіне тәуелсіздік; студенттің ақпаратты қабылдауға даярлығы тәрізді қызығушылықтың болуы; оқыту процесінде студентте танымдық процестің барлық түрінің белсенділігі артады; оқу материалын студенттің өзіне қолайлы кез келген уақытта қайталау мүмкіндігі; білімді меңгеру тиімділігін қамтамасыз ететін студентке қолайлы жағдайда сабақты жүргізуді таңдау мүмкіндігі; оқу процесі кезінде студенттің танымдық белсенділігін арттыруды қамтамасыз ететін мәліметтер қорына кіру мүмкіндігі, студент өзінің оқу іс-әрекетінде дербес жұмыс істеу мүмкіндігі және т.б.

Интерактивті оқыту әдістерін оқыту процесіне енгізу педагогтан оны жүзеге асыру үшін сәйкес даярлықты талап етеді. Дәлірек айтқанда, арнайы кәсіби педагогикалық білімі бар, инновациялық педагогикалық іс-әрекетті ұйымдастырып, оны жүзеге асыруға бейім, педагогикалық процестің субъектілерін

жаңаша ойлай алатын жан-жақты дамыған сауаттыпедагог болуы тиіс. Жоғары оқу орнындағы педагогтың инновациялық оқыту технологияларын қолдануға бағытталған кәсіби педагогикалық білімін: оқыту технологияларының әдіснамалық негіздері, олардың жіктемесіне қарай әртүрлі тәсілдер мен оларған тән белгілердің маңыздылығы туралы мағлұмат ретінде қарастыруға болады. Сонымен бірге, жоғары оқу орындарында кредиттік технологиямен оқыту жағдайында инновациялық технологияларды жүзеге асырудың жолдары ретінде қарастырылады. Мұнда педагогтың кәсіби педагогикалық біліміндегі үш маңызды ерекшелікті атап көрсетуге болады: білімді түсіну, сыни тұрғыдан өңдеп, әрекет жасау.

Инновациялық оқыту технологиялары туралы білім практикалық іс-әрекет нәтижесінде түсініліп, білім ретінде алынатын болса, жеке тұлғаның өзіндік мұрасына айналады, практикада сауатты пайдаланылып, педагогтың қуатты әдістемелік құралына айналады. Дәл осындай білім ғана педагогқа әртүрлі оқу және танымдық есептерді шығаруға, ал студентке соның негізінде жаңа білім алуына мүмкіндік береді.

Педагог пен студенттің бірлескен іс-әрекетінің нәтижесінде білім жай ғана берілесалмайды, ол студенттің белсенді, өнімді іс-әрекетінің нәтижесінде алынады. Осындай бірлескен іс-әрекетті орындау процесінде студенттердің өзбетінділігі, оқуға деген ұмтылысы, белсенділігі артып дамиды, нәтижесінде студенттің дербес оқу траекториясы қалыптасады.

Инновациялық оқыту технологияларын пайдалану тек оқу процесінің белсенділігін арттырып қана қоймайды, сонымен бірге, педагогтың кәсіби тұрғыдан дамуын, оның инновациялық іс-әрекетке даярлығы мен құзыреттіліктерін көрсететін кәсіби мәнді сапалар кешенінің қалыптасуын қамтамасыз етеді. Педагогтың инновациялық іс-әрекетке даярлығының негізгі белгілері ретінде:

- педагогикалық іс-әрекетте инновациялық технологияларды жүзеге асыруға мақсатты ұстанымының болуы; педагогтың іс-әрекетіндегі айқын инновациялық бағыттылық, дәлірек айтқанда, оқытудағы инновациялық процестердің мәнін түсіну, оқытудағы жаңа идеяларды, бағыттарды меңгеруге ұмтылу;

- инновациялық технологиялар, олардың бейімделуі мен жоғары оқу орнында жүзеге асырылу тәсілдері туралы білімінің тереңдігі мен кеңдігі; кәсіби педагогикалық іскерліктің қалыптасқандығы;

- инновациялық технологияларды қолдану туралы білімін ары қарай өз бетімен жетілдіруге қажетті рефлексивті көзқарастың дамуы.

Қазіргі уақытта инновациялық оқыту технологиялары көптеген елдердегі педагогикалық зерттеулердің құрамдас бөлігіне айналып отыр. Инновациялық оқыту технологияларының тек оқу мүмкіндіктері ғана емес, сонымен бірге, студенттің мотивациялық құндылық бағдарын дамытуға да елеулі үлесі бар екенін осы бағытта зерттеу жүргізген зерттеушілердің еңбектерінен көруге болады. Студенттің мотивациялық-құндылық бағдарының даму динамикасы жоғары оқу орнында сабақ беретін ұстаздың жеке тұлғалылығы мен оның пайдаланатын оқыту әдістерімен өзара тығыз байланысты. Білім беру жүйесінде интерактивті оқыту әдістері мен педагогикалық технологияларды тиімді пайдалану студенттердің мотивациялық-құндылық бағдарының құрылымында айтарлықтай өзгерістің болатынына әкеледі және осы мотивациялық-құндылық бағдардың негізінде студенттің жеке тұлғалық сапалары қалыптасады.

Интерактивті оқыту – бұл студенттердің шығармашылық қабілеттерін дамытады. Оны жетілдіру ойлау әрекетінің белсенділігін арттырудан басталады, оның ең жоғарғы көрінісі – кез келген есепті шығармашылық тәсілмен шығаруға бейімделу болып табылады. Бұл студенттің шығармашылықпен ойлауын көрсетеді. Студенттердің шығармашылық ойлауын дамыту әдістерінің бірі – топпен ойлауға арналған арнайы әдіс "миға шабуыл" деп аталады, мұның негізгі мәні мәселені шешуге топтың әсері болып табылады. Шығармашылық белсенділікті арттыруда мынадай төрт ережені ескеру қажет: ұсыныстар мен пікірлерге ешқандай сын айтылмауы тиіс; кез келген қауымдастық марапатталуы тиіс; ұсынылатын идеялар шектелмеуі тиіс; ұсынылған идеяларды өзгертіп, жетілдіруге рұқсат етілмеуі тиіс. Бұл әдістің негізіне сенімділік алынған, шығармашылық ойлау еркіндікті талап етеді, ойлауға ешқандай тыйым салынбауы тиіс. Осындай оқыту әдістері студенттерді тың да, тиімді ұсыныстар айта білуге үйретеді.

Болашақ информатика мамандарын инновациялық оқыту технологияларын меңгеруге және оны оқыту процесінде пайдалана білуге баулуда "Информатика пәнін оқыту әдістемесі" пәнінің алатын орны ерекше. Олай дейтін себебіміз, аталған пәннің мазмұнында оқыту әдістерінің ішінде интерактивті оқыту әдісіне, оның ішінде, болашақ маманды интерактивті оқыту іс-әрекетіне даярлау мәселесіне ерекше көңіл бөлінуі тиіс. Лекция сабағында педагогтың инновациялық іс-әрекетке даярлығының кезеңдеріне жеңей-тегжейлі талдап, ал семинар, зертханалық сабақтарда студенттерді инновациялық технологияларды пайдалануға негізделген информатика пәнінен сабақтар топтамасын даярлап, оны ашық түрде қорғауға үйрету қажет. Қорытынды сабақты топтар немесе топша студенттерінің арасындағы жарыс сабағы түрінде де ұйымдастыруға болады. Студенттерді инновациялық технологияларды пайдалануға баулу бір пәннің шеңберімен шектелмеуі тиіс. Инновациялық технологияларды студенттер жақсы меңгеру үшін оларға оқытылатын пәндерді оқытуды ұйымдастыруда жоғары оқу орнының ұстаздары инновациялық технологияларды,

тіпті инновациялық оқыту элементтерін пайдалануы тиіс. Студенттер білімді инновациялық оқыту технологиясының негізінде алатын болса, оны практикада пайдалана білуге және инновациялық технологияларды пайдалануға негізделген оқытуды өздері ұйымдастыруға бейім болады.

Сонымен қатар, магистратураның оқыту бағдарламасында инновациялық оқыту технологияларын үйретуге бағытталған курстар болуы тиіс. Мысалы, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті «6М011100-Информатика» мамандығы студенттерінің модульдік оқу бағдарламасы бойынша «Информатиканы оқытуда инновациялық құралдарды пайдаланудың әдістемелік негіздері» деп аталатын пән оқытылады. Пәнді оқытудың мақсаты – магистранттарда қазіргі мектептердегі инновациялық процестер, жеке тұлғаға бағдарланған тәсілге негізделген білім беру процесі туралы біртұтас болжамды қалыптастыру; білім беру жүйесінде өтіп жатқан инновациялық процестердің әдіснамалық негіздерімен, информатика пәнін оқытуда оларды тиімді жүзеге асыру жолдарымен таныстыру; болашақ информатика мұғалімінің инновациялық іс-әрекетке кәсіби құзыреттілігін қалыптастыру. Пәнді оқу нәтижесінде магистранттар: білім беру жүйесіндегі оқыту технологияларымен танысып, мектепте информатиканы оқыту үдерісіндегі пайдаланылып жүрген инновациялық технологияларға талдауды; оқушылардың ақпараттық және зерттеу құзыреттілігін қалыптастыруға бағытталған сабақтар топтамасын даярлауды; «педагогтың инновациялық іс-әрекетке даярлығын бағалау» диагностикалық картасын жасап үйренеді.

Жоғарыда атап көрсеткеніміздей, жоғары оқу орындарында инновациялық технологияларды жүзеге асыру педагогикалық білімнің болуын табап етеді. Қазақстан Республикасында жоғары оқу орындарында білім беруді жүзеге асыру кредиттік оқыту технологиясының негізінде жүзеге асырылатынын ескерсек, педагог кредиттік оқыту технологиясының мүмкіндіктері мен ережелеріне сай, инновациялық технологияларды өзінің оқу пәніне бейімдеп, енгізе білу іскерлігі болуы тиіс. Педагогтарды инновациялық технологияларды енгізуге даярлауды университет немесе институт көлемінде жүргізілетін әдістемелік семинарлар арқылы да жүзеге асыруға болады. Мұндай әдістемелік семинарлардың мақсаты педагогтардың, оның ішінде, жас мамандар, магистранттар мен докторанттардың инновациялық оқыту технологиялары туралы білімдерін кеңейтіп, тереңдету, оқытушы-педагогтардың озық тәжіриберімен бөлісу жәнатарату, жас мамандарды инновациялық оқыту технологияларын пайдалана білуге, оқытуды инновациялық тұрғыдан ұйымдастыруға баулу болып табылады. Инновациялық оқыту технологияларын білім беру жүйесіне енгізу жүйелі түрде ұйымдастырылған жағдайда ғана сапалы білім беруді жүзеге асырып, бүгінгі уақыт талабына сай мамандар даярлауға қол жеткіземіз.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1. Социально-экономическая модернизация – главный вектор развития Казахстана: послание Президента Республики Казахстан Н.А. Назарбаева народу Казахстана Астана, от 27 января 2012 г.*
- 2. Қазақстан Республикасында Білім мен ғылымды дамытудың 2016-2019 жж. арналған мемлекеттік бағдарламасы//Ақорда: Астана, 1 наурыз, 2016 ж.*
- 3. Халықова К.З. Оқыту процесіне инновациялық технологияларды енгізудің теориясы мен практикасы//Монография. Алматы: Абай ат. ҚазҰПУ, 2015. – 172 б.*
- 4. Кларин М.В. Инновации в мировой педагогике. - М.: Наука, 1997. - 223 с.*
- 5. Халикова К.З. Инновационные технологии в формировании интеллектуального потенциала будущего специалиста//VII Международная научно-практическая конференция «Информация и образование: границы коммуникаций»INFO'15. Горно-АлтайскийГосударственный университет(Республика Алтай). – 5-8 июль, 2015 г. Сборник научных трудов №7 (15) Стр.328-330.*
- 6. Халықова К.З. Информатика мамандарын кәсіби даярлау үдерісіндегі жобалық әдістің пайдаланылуы// Абай ат. ҚазҰПУ хабаршысы. № 2 (50), 2015.*
- 7. Халықова К.З. Студенттің интеллектуалдық әлеуетін дамытудағы интеллект-карта әдісінің алатын орны мен ролі// Абай ат. ҚазҰПУ хабаршысы. № 3 (55), 2016. - 189-193.*

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

ДЖУБАЛИЕВА ПЕЛАГЕЯ АЛИПОВНА (11.10.1927 -12.10.2015)

Жизненный путь человека определяется не только прожитыми годами, но и тем временем, которое помнят о нем уже после его ухода. И чем значительнее личность человека, тем длиннее этот путь воспоминаний о нем.

Пелагея Алиповна родилась 11 октября 1927 года в селе Застенка Камызякского района Астраханской области. После окончания средней школы в 1946 году она поступает на физико-математический факультет Астраханского педагогического института им. Кирова. В 1948 году, после переезда в г. Алма-Ату, продолжает учебу на физическом отделении физико-математического факультета Казахского женского педагогического института.

В 1950 году, после окончания института, Пелагея Алиповна начинает свою трудовую деятельность сначала преподавателем математики в Володаровской средней школе Марфинского района Астраханской области, а затем преподавателем физики и математики в средней школе рабочего поселка Миргалымсай (ныне г. Кентау).

В 1957 году она приходит на работу преподавателем кафедры «Основ промышленного производства» Казахский Педагогический институт им. Абая, с которым в дальнейшем связана вся ее трудовая биография. В 1962 году Пелагея Алиповна поступает в очную аспирантуру с прикомандированием в лабораторию гелиотехники Московского государственного научно-исследовательского энергетического института им. Г.М.Кржижановского, а в 1966 году успешно защищает кандидатскую диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему: «Исследование солнечных опреснителей и выяснение возможности применения их на пустынных пастбищах Казахстана».

По возвращении из аспирантуры Пелагея Алиповна продолжает работать на кафедре теоретической физики. С 1967 по 1969 гг. работает в должности зав. кафедры общей физики, затем доцента кафедры теоретической физики, доцента кафедры методики преподавания физики и ТСО.

Наряду с педагогической деятельностью, читая лекции по всем разделам курса общей физики и осуществляя руководство педагогической практикой студентов, как методист по физике, Пелагея Алиповна продолжает активную научно-исследовательскую работу по проблеме «Использование солнечной энергии в народном хозяйстве Казахстана».

Начиная с 1970 года гелиогруппой, руководителем которой она являлась, выполнялись научно-исследовательские работы по договорам с Министерствами мелиорации и водного хозяйства КазССР, сельского и рыбного хозяйства, а также велись работы, предусмотренные заданиями координационного плана Государственного комитета СМ СССР по науке и технике по решению научно-технической проблемы: «0.01.-08.«Создать и внедрить в народное хозяйство высокоэффективные гелиотехнические установки для электро-, водо- и теплоснабжения автономных потребителей». Как председатель технической секции, заместителя председателя комитета по гелиотехнике, а в дальнейшем – председатель комитета по гелиотехнике, Джубалиева Пелагея Алиповна ведет работу по организации внедрения солнечных установок в народное хозяйство Казахстана.

В ходе исследования были получены и зарегистрированы авторские свидетельства на изобретение «Солнечных опреснителей», которые были использованы в «Гидроводхозе» СССР для проектирования опытно-промышленной солнечной опреснительной установки. По этим материалам опубликованы статьи:

- Джубалиева П.А., Абдуллина Н.Д., Пиньков А.Н. Об использовании тепла термальных вод в солнечных опреснительных установках в зимний период //Вопросы физики твердого тела и оптики. Тематический сборник научных трудов проф.-препод. состава высших учебных заведений Минпрос. КазССР. КазПИ им. Абая. – 1985. – С. 5-9.



- Джубалиева П.А. Роль гелиоэнергетики в политехническом, социально-экономическом и экологическом образовании учащихся на уроках физики // Совершенствование воспитательного и педагогического процесса: Пед.изыскания. Ч. 3. – Мин-во нар.образования КазССР, КазПИ им. Абая. – Алма-Ата, 1989. – С. 25-26.

Джубалиеву Пелагею Алиповну по праву можно назвать примером Ученого и Педагога с большой буквы. Ее бесспорный научный потенциал, в сочетании с фундаментальной подготовкой и ярко выраженной прикладной направленностью, а также огромный педагогический опыт, органично дополняемый доброжелательным, и в то же время принципиальным характером, заслужили почет и уважение среди коллег и студентов и оставили светлую память о ней на долгие годы.

Редколлегия

ДЛЯ ЗАМЕТОК