ISSN 1728-7901

Абай атындағы
Қазақ ұлттық педагогикалық университеті

Казахский национальный педагогический
университет имени Абая

ХАБАРШЫ
ВЕСТНИК

Серия «Физико-математические науки» • «Физика-математика ғылымдары» сериясы

№ 3 (51)

2015

Алматы

Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті

ХАБАРШЫ

"Физика-математика ғылымдары" сериясы № 3 (51)

Бас редактор
ҚРҰҒА *академигі* **Ғ.У. Уәлиев**
***Редакция алқасы*:**
Бас ред. орынбасарлары:
п.ғ.д. **Е.Ы. Бидайбеков,**
ф.-м.ғ.к. **М.Ж. Бекпатшаев**
жауапты хатшы
п.ғ.к. **Г.А. Абдулкаримова**
***мүшелері*:**
Dr.-ing. **Holm Altenbach(Germany)**,
Dr. **S.A.Hasan (Pakistan)**,
Dr. **YasuhideFukumoto (Japan)**,
Phd.d **Shuo-Hung Chang, (Taiwan)**,
п.ғ.д. **А.Е.** Абылкасымова,
ф.-м.ғ.д. **М.Ә. Бектемесов,**
ф.-м.ғ.д. **А.С.Бердышев,**
п.ғ.д. **В.В. Гриншкун, (Ресей),**
ф.-м.ғ.к. **Ф.Р. Гусманова,**
т.ғ.д. **А.Д.Джураев (Узбекистан),**
ф.-м.ғ.д. **С.И. Кабанихин(Ресей),**
ф.-м.ғ.д. **Б.Ә. Қожамқұлов,**
ф.-м.ғ.д. **В.Н. Косов,**
ф.-м.ғ.д. **Қ.К. Коксалов,**
т.ғ.д. **М.К. Құлбек,**
п.ғ.д. **М.П. Лапчик, (Ресей),**
ф.-м.ғ.д. **Қ.М. Мұқашев,**
ф.-м.ғ.д. **С.Т. Мұхамбетжанов,**
т.ғ.д. **Г.Я. Пановко (Ресей),**
п.ғ.д. **Б.Д. Сыдыков,**
ф.-м.ғ.д. **Н.Ж. Такибаев,**
ф.-м.ғ.д. **К.Б.Тлебаев,**
т.ғ.д. **А.К. Тулешов,**
ф.-м.ғ.д. **З.Г. Уалиев,**
ф.-м.ғ.д. **Л.М. Чечин,**
ф.-м.ғ.к. **Е.Б. Шалбаев,**
т.ғ.к. **Ш.И. Хамраев**

©Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, 2015

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

Редакторлары:**Ф.Р. Гусманова, Г.А. Абдулкаримова**

Компьютерлік беттеу:
Г.А. Абдулкаримова
Ф.Р. Гусманова

Басуға 18.09.2015 ж. қол қойылды
Таралымы300 дана
Көлемі 12,04 е.б.т.
Пішімі 60х84 1/8.

050010, Алматы қаласы,
Достық даңғылы,13
Абай атындағы ҚазҰПУ
"ЖШС Palitra Press"типографиясында баспадан өткен
Алматы қаласы, Хамиди көшесі, 4а

Мазмұны
Содержание

Казахский национальный педагогический университет имени Абая
ВЕСТНИК
серия “Физико-математические науки”№ 3 (51)

Главный редактор
Академик НАН РК **Г.У. Уалиев**

***Редакционная коллегия*:**
зам.главного редактора:
д.п.н. **Е.Ы. Бидайбеков,**
к.ф.-м.н. **М.Ж. Бекпатшаев**
ответ.секретарь
к.п.н. **Г.А. Абдулкаримова**
***члены*:**
Dr.-ing. **Holm Altenbach**(**Germany**),
Dr. **S.A.Hasan** (**Pakistan**),
Dr. **YasuhideFukumoto**(**Japan**),
Phd.d **Shuo-Hung Chang,** (**Taiwan**),
д.п.н. **А.Е.** Абылкасымова,
д.ф.-м.н. **М.А. Бектемесов,**
д.ф.-м.н. **А.С.Бердышев,**
д.п.н. **В.В. Гриншкун (Россия),**
к.ф.-м.н. **Ф.Р. Гусманова,**
д.т.н. **А.Д.Джураев**(**Узбекистан**),
д.ф.-м.н. **С.И. Кабанихин (Россия),**
д.ф.-м.н. **Б.А. Кожамкулов,**
д.ф.-м.н. **В.Н. Косов,**
д. ф.-м.н. **К.К. Коксалов,**
д.т.н. **М.К. Кулбеков,**
д.п.н. **М.П. Лапчик (Россия),**
д.ф.-м.н. **Қ.М. Мукашев,**
д.ф.-м.н. **С.Т. Мухамбетжанов,**
д.т.н. **Г.Я. Пановко (Россия),**
д.п.н. **Б.Д. Сыдыков,**
д.ф.-м.н. **Н.Ж. Такибаев,**
д.ф.-м.н. **К.Б. Тлебаев,**
д.т.н. **А.К. Тулешов,**
д.ф.-м.н. **З.Г. Уалиев,**
д.ф.-м.н. **Л.М. Чечин,**
к.ф.-м.н. **Е.Б. Шалбаев,**
*к.т.н.***Ш.И. Хамраев**

©Казахский национальный педагогический университет им. Абая, 2015

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

Редакторы:**Ф.Р. Гусманова, Г.А. Абдулкаримова**

Компьютерная верстка:
Г.А. Абдулкаримова
Ф.Р. Гусманова

Подписано в печать 18.09.2015 г.
Формат 60х84 1/8.
Об 12,04 уч.-изд.л.
Тираж 300 экз.

050010, г.Алматы, пр.Достык, 13, КазНПУ им.Абая
Отпечатано в типографии “ТОО Palitra Press” г.Алматы, ул.Хамиди 4а

ФИЗИКА. ФИЗИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ
ФИЗИКА. МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ

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

**_К 70-ЛЕТИЮ
СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ_**

**_Бидайбекова
Есена Ыкласовича,_**

доктора педагогических наук, профессора, академика международной академии информатизации, академика Российской академии информатизации образования, заведующего кафедрой информатики и информатизации образования Института математики, физики и информатики Казахского национального педагогического университета имени Абая

Путь в науку Е.Ы. Бидайбекова связан с Казахским государственным университетом имени С.М.Кирова (КазГУ). В аспирантуру при кафедре вычислительной математики он поступил в 1970 году, затем был направлен в вычислительный центр Сибирского отделения академии наук (СО АН) СССР, где работал над кандидатской диссертацией под руководством член-корреспондента Российской академии наук В.Г. Романова. С этого времени и началось его плодотворное сотрудничество с учеными СО АН СССР. Долгие годы совместной работы с выдающимися учеными – Лаврентьевым М.М., Романовым В.Г. и др., с которыми он и сейчас поддерживает тесный контакт, способствовали становлению его личности и формированию как ученого, обретению им навыков общения с людьми научно-педагогической сферы.

Научное и научно-педагогическое мировоззрение Бидайбекова Е.Ы. формировалось как под влиянием известных российских, так и казахстанских ученых-педагогов Ибрашева Х.И, Иркегулова Ш.Т, Умбетжанова Д.У, Касымова К.А., Султангазина У.М., Кубесова А.К., Жанбырбаева Б.С., Шалбаева Е.Б. и др. Они оказали влияние на его научно-творческую педагогическую деятельность.

В 1975 г. блестяще защитив кандидатскую диссертацию на тему «О единственности решения обратных задач для некоторых квазилинейных уравнений гиперболического типа», он работал старшим преподавателем, затем доцентом на кафедре математического обеспечения ЭВМ, позднее на кафедре прикладного анализа механико-математического факультета КазГУ.

С 1984 г., Есен Ыкласович - доцент кафедры вычислительной математики и дифференциальных уравнений физико-математического факультета Казахского педагогического института имени Абая, в 1985 г. – стал заведующим этой же кафедры, впоследствии переименованной в кафедру информатики и прикладной математики. В настоящий момент возглавляет кафедру информатики и информатизации образования Института математики, физики и информатики КазНПУим.Абая.

Е.Ы. Бидайбеков в 1985-1987 гг. принял участие в формировании содержания и методики преподавания школьного курса «Основы информатики и вычислительной техники» в Республике Казахстан, стал специальным редактором перевода на казахский язык пробных учебных пособий для учащихся и методических пособий для учителей, подготовленных под редакцией А.П. Ершова, В.М. Монахова, таких как: Информатика мен есептеуіш техника негіздері (в 2-х частях), Информатика мен есептеуіш техника негіздері оқыту (в 2-х частях). Как специальный редактор он не только следил за достоверностью научно-методического уровня перевода, но и устанавливал и внедрял терминологию на казахском языке по информатике, обеспечивающую ввод нового предмета в средние школы Республики Казахстан.

Им проведена большая работа по совершенствованию научно-организационной деятельности и мобилизации коллектива кафедры на решение актуальных задач, связанных с теорией и методикой обучения информатике, а также с внедрением новых информационных и коммуникационных технологий в систему образования. Он является одним из инициаторов открытия на физико-математическом факультете новых специальностей: «информатика и менеджер по компьютеризации», «информатика и английский язык», «информатика и экономика», «информатика и защита информации». При его непосредственном участии были разработаны и внедрены учебные планы по новым специальностям.

Признание и широкую известность получила его деятельность в области информатизации образования не только в Казахстане, но и за рубежом. В 1996 г. Бидайбеков Е.Ы. был избран действительным членом Российской академии информатизации образования (РАИО).

Результатом многолетней плодотворной работы в данном направлении стала защита в 1998 г. докторской диссертации в институте общего и среднего образования Российской Академии образования (г. Москва) на тему «Развитие методической системы обучения информатике специалистов совмещенных с информатикой профилей в университетах Республики Казахстан» (был переаттестован в ВАК РК в 2004 г.). С 2011 г. является действующим академиком Международной академии информатизации образования (МАИН).

Есен Ықласович является одним из авторов учебных пособий и методических разработок в числе которых: «Математико-информационные технологии в теории и практике обучения», «Математическое моделирование и численные методы. Введение», в том числе на казахском языке: «ЭВМ қалай жұмыс істейді», «MSX-Basic-пен алғашқы танысу» (в 3-х частях), «Информатика бастамалары» (алгоритмдеу), «Логикалық бағдарламалау (Пролог-Б)», «Векторлық алгебра», «Топ, сақина және өрістердің қасиеттері» и многих др.

В настоящее время актуальное направление, руководимой Бидайбековым Е.Ы. – информатизация образования и науки – получает эффективное развитие в рамках работы кафедры. Ведется активная разработка и издание пособий для учащихся, методических руководств для учителей и студентов, разработка и внедрение программно-педагогических средств (ППС) в поддержку преподавания информатики и других дисциплин в школах и педвузах. Важной ступенью, в основанной им казахстанской научной школы информатизации образования и науки, являются его работы: «Информатизация образования в Казахстане», «Подготовка специалистов совмещенного по информатике профиля в республике Казахстан», «Информационное интегрирование и анализ образовательной области в разработке электронных средств обучения», «Разработка и использование образовательных электронных изданий и ресурсов», «Информатизация образования и проблемы обучения», «Информатиканы оқыту әдістемесі», «Численные методы», «Сандық әдістер», «Научно-методические основы подготовки магистрантов-математиков к профильному обучению», «Научно-методические основы подготовки магистрантов информатико-математических специальностей к управленческой деятельности в условиях информатизации образования», «Методические основы и технологии создания электронных образовательных ресурсов для смешанной модели обучения магистрантов и докторантов в педвузах», «Теория и методика использования технологий смешанного обучения при подготовке магистрантов в педвузах», «Ақпараттық мәдениет негіздері «Балбөбек ақпарат әлемінде» үшінші сыныпқа арналған жұмыс дәптері», «Информатика. Балаларға арналған энциклопедиялық анықтамалық» и др.

Есен Ыкласович является научным руководителем ряда госбюджетных финансируемых тем, связанных с информатизацией образования в республике. Выполненные под руководством и при содействии Е.Ы.Бидайбекова разработки учебных и программно-методических материалов по курсам информатики, прикладной и вычислительной математики являются весомым вкладом в методику обучения данных курсов в вузах, особенно в педагогических. Разработанная под его руководством «Мультимедийная обучающая программа по информатике» на казахском языке пользуется успехом в школах республики. В последние годы активно занимается внедрением педагогического наследия математиков Казахстана в учебный процесс, является руководителем научного проекта по теме «Әл-Фарабидің математикалық мұралары заманауи білім беру жағдайында». Полученные результаты были доложены и опубликованы в мировом научном сообществе: в Краковском педагогическом университете, на Международном математическом конгрессе Isaac 9th (Польша), в Вашингтонском университете, в Техаском университете (США), в университете Tamagawa (Япония), в институте математики и информатики Московского государственного педагогического университета (Россия).

В числе редактируемых Е.Ы.Бидайбековым переводов на казахский язык является первое учебное пособие в рамках стран СНГ по систематическому курсу «Методика преподавания информатики» для студентов. Под его руководством готовится к публикации серия «педагогическая информатика», включающая фундаментальные курсы по информатике и информатизации образования (учебное пособие по информатике в двух частях, по методике преподавания информатике, информатизации образования, по различным разделам информационных технологий, программирования и др.) для подготовки будущих учителей информатики.

Основные направления научно-методической и творческой деятельности Бидайбекова Е.Ы. непосредственно связаны с исследованиями по обратным и некорректным задачам, информатизацией образования и науки, с системой электронного обучения, и связанные с ними проблемами обучения в различных уровнях образования. Им создана одна из сильнейших казахстанских научных школ в области информатизации образования и науки, ученики которой занимают ведущие управляющие должности в сфере образования и науки от преподавателей вузов до ректоров вузов, министров образования.

В последние годы научно-методическая деятельность Есена Ыкласовича направлена на реализацию программ послевузовского образования, а также подготовку научно-педагогических кадров в области информатики и информатизации образования, математики и механики. Эти актуальные направления методической науки получают эффективное развитие в рамках, руководимой на кафедре Бидайбековым Е.Ы. магистратуры и PhD докторантуры. Особенное внимание педагог-исследователь уделяет вопросам развития методической системы обучения при подготовке будущих учителей информатики по численным методам, вычислительной информатике, информационному моделированию, теоретическим основам информатики, методике преподавания информатики и информатизации образования.

Бидайбеков Е.Ы. неоднократно выступает в средствах массовой информации в Казахстане и в России: опубликована статья «Информатика өмір мәніне айнала бастады» в газете «Егемендi Қазақстан», выступление на казахском радио «Білім көкжиегі» с сообщением «Информатика пәнін оқыту және оның әдістемелерін жетілдіру мәселелері» и «Шығыс жұлдыздары» с докладом «Әл-Фарабидің математикалық мұраларын бүгінгі білім беру жүйесіне пайдалану», выступление в телепередаче «Вести» (Россия, Йошкар-Ола).

Работая в должности заведующего кафедрой, Бидайбеков Е.Ы. проявляет организаторские способности, умение творчески мыслить, быть в курсе нового в системе образования, которая сейчас претерпевает большие изменения. По его инициативе и непосредственном участии были разработаны и успешно внедрены программно-аппаратные комплексы автоматизации учебной и внеучебной деятельности вуза, учебные планы многоуровневой подготовки кадров по новым специальностям и курсы информатики для всех факультетов КазНПУ им.Абая. С присущей ему энергией и энтузиазмом он воплощал в жизнь свою идею создания Центра информатизации образования (ЦИО) при КазНПУ имени Абая.

Есен Ыкласович постоянно принимал и принимает активное участие в разработке республиканских концепций и программ информатизации образования, стандартов и учебных планов высшего профессионального образования по подготовке специалистов по информатике, а также в разработке государственных образовательных стандартов и учебных планов по многоуровневой подготовке будущих учителей: бакалавров и магистров по информатизации образования. На руководимой Бидайбековым Е.Ы. кафедре работает творческий коллектив, ядро кафедры составляют специалисты в области обратных задач математической физики, информатики и информатизации образования, ученики Есена Ыкласовича.

В период с 2001-2004 г.г. Бидайбеков Е.Ы. являлся председателем диссертационных советов К14.65.02, Д 14.65.02 при КазНПУ им. Абая на соискание ученой степени кандидата педагогических наук по специальности 13.00.02 – теория и методика обучения и воспитания (информатика) и доктора педагогических наук по специальности 13.00.02 – теория и методика обучения и воспитания (информатика, информатизация образования). В настоящий момент Бидайбеков Е.Ы. член диссертационного совета D010000– образование (гуманитарные и естественные науки) по защите диссертации на присуждение ученой степени доктора философии (PhD). Под руководством доктора педагогических наук, профессора Бидайбекова Есена Ыкласовича защищено 11 докторских диссертаций, в том числе 1 диссертация доктора PhD, 31 кандидатская диссертация и свыше 30 магистерских диссертаций.

Бидайбеков Е.Ы. поддерживает тесные связи с университетами Москвы, Новосибирска, Омска и других городов СНГ и Республики Казахстан, где регулярно выступает с научными докладами. Он принимает активное участие в научных семинарах и конференциях республиканского и международного значения, является постоянным участником Конгресса конференций «Информационные технологии в образовании (ИТО)» (г. Москва), международной конференции «Математическое моделирование и информационные технологии в науке и образовании». Свои научные работы публикует в международных научных изданиях и сборниках научных трудов Республики Казахстан, стран СНГ и дальнего зарубежья. Список опубликованных научных трудов включает около 540 наименований, в том числе более 20 монографий, около 50 учебников и учебно-методических пособий для школ и вузов, имеются статьи, опубликованные в журналах с импакт-фактором.

Бидайбеков Е.Ы. имеет награды и поощрения: серебрянная медаль Каратауской школы-интерната (Жамбылская область); значок отличника механико-математического факультета КазГУ имени С. М. Кирова; знаки «Отличник образования РК», «Почетный работник образования РК», почетные грамоты Министерства образования и науки РК, КазНПУ им.Абая.

В 2007 и 2012 годах был удостоен звания «Лучший преподаватель вуза». Имеет медали «Қазақстан Республикасының ғылымын дамытуға сіңірген еңбегі үшін», «Қазақстан Республикасының білім беру ісінің құрметті қызметкері».

Бидайбеков Е.Ы. имеет медаль Ассоциации вузов Казахстана им. А.Байтурсынова за выдающиеся успехи в подготовке учебника для высших учебных заведений; за большой вклад в информатику и образование, удостоен медали европейской научно-промышленной палаты Gold medal for exceptional «Achievements» (Brussels, Belgium). Награжден медалью «Айрықша еңбегі үшн» ҚазҰПУ, значком за активное участие в XI Всемирном математическом конгрессе «Иссак-2013» (г.Краков, Польша).

Интересы профессора Бидайбекова Е.Ы многогранны. Заметна его редакторская деятельность как заместителя главного редактора научно-методического журнала «Вестник КазНПУ им. Абая», серия физико-математические науки, как члена редакционной коллегии республиканского научно-методического педагогического журнала «Информатика. Физика. Математика» (на казахском языке), а также как члена редколлегии научно-методического журнала «Вестник МГПУ», серия «информатика и информатизация образования» (г. Москва).

Е.Ы.Бидайбеков обладает высокой эрудицией, компетентностью и требовательностью в сочетании с добрыми человеческими качествами, простотой и демократичностью. Безграничны творческие замыслы Бидайбекова Е.Ы. и он умело увлекает ими своих коллег. Это человек широкой натуры с оптимистическим взглядом на жизнь. Его отличают незаурядный ум, талант ученого, организатора, выдающиеся творческие способности, неиссякаемая энергия, активная жизненная позиция, трудолюбие, чувство ответственности – эти прекрасные человеческие качества снискали ему уважение и признательность. Есен Ыкласович женат, имеет троих детей, четырех внуков. Интересно заметить, что он прекрасно поет, танцует, играет на музыкальных инструментах.

Свой юбилей профессор Бидайбеков Е.Ы. встречает в расцвете сил, он полон энергии для общественной деятельности. Потенциал его планов, перспективных идей далеко не исчерпан и он его потратит на благо своего народа, своих продолжателей-учеников.

Директор Института математики, физики
и информатики КазНПУ им.Абая,
профессор М.Ж. Бекпатшаев

МАТЕМАТИКА. МАТЕМАТИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ
МАТЕМАТИКА. МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ

УДК 515.12

А.С. Агыбаев

РАВНОМЕРНО ПАРАСОВЕРШЕННЫЕ ОТОБРАЖЕНИЯ

(Кыргызская Республика, г. Бишкек, Институт теоретической и прикладной математики Национальной академии наук Кыргызской Республики)

Аннотация. *В настоящей статье исследуются некоторые типы компактных отображений топологических пространств. Равномерно $\tau-$паразамкнутые и компактные отображения называются равномерно $\tau-$парасовершенными отображениями. Установлено, что если равномерно непрерывное отображение является равномерно $\tau-$парасовершенным, то непрерывное отображение является замкнутым отображением. Также, установлено, что при равномерно $\tau-$парасовершенных отображениях равномерная R-паракомпактность сохраняется в сторону прообраза.*

Ключевые слова: *равномерное пространство, равномерно непрерывное отображение, равномерное покрытие, аддитивное покрытие, равномерно парасовершенное отображение.*

Класс равномерно совершенных отображений было введено А. А. Борубаевым. Равномерно совершенные отображения играют среди всех равномерно непрерывных отображений роль сходную с ролью компактов среди всех равномерных пространств. Равномерно совершенные отображения распространены достаточно широко, и они сохраняют важнейшие равномерные свойства такие как, компактность, равномерная локальная компактность, равномерная $R-$паракомпактность, полноту, равномерную полноту по Чеху и другие, причем в обе стороны.

В настоящей работе исследуются равномерная $\tau-$парасовершенность равномерно непрерывных отображений.

Пусть (X,U) - равномерное пространство и $\alpha-$произвольное покрытие пространства (X,U).

Для любого кардинала τ положим $\alpha_\tau=\{\cup\beta:\beta\subset\alpha,|\beta|<\tau\}$. Покрытие α называется $\tau-$аддитивным, если $\alpha_\tau=\alpha$. $\aleph_0$-аддитивные покрытия называются конечно аддитивным покрытием.

Определение 1. Равномерно непрерывное отображение $f:(X,U)\to(Y,V)$ равномерного пространства (X,U) в равномерное пространство (Y,V) называется равномерно $\tau-$паразамкнутым, если для любого открытого равномерного покрытия $\alpha\in U$ пространства (X,U), покрытие $\{f^{-1}y:y\in Y\}$ вписано в α_τ, то $f^{\#}\alpha_\tau$ является открытым равномерным покрытием пространства (Y,V).

Определение 2. Равномерно непрерывное отображение $f:(X,U)\to(Y,V)$ равномерного пространства (X,U) в равномерное пространство (Y,V) называется равномерно $\tau-$парасовершенным, если оно равномерно $\tau-$паразамкнуто и компактно.

Напомним [1], что непрерывное отображение $f:X\to Y$ топологического пространства X в топологическое пространство Y называется компактным отображением, если прообраз $f^{-1}y$ каждого $y\in Y$ компактен. Также, напомним [2], что непрерывное отображение $f:X\to Y$ топологического пространства X в топологическое пространство Y называется замкнутым, если образ каждого замкнутого множества замкнут [3].

Предложение 1. Если равномерно непрерывное отображение $f:(X,U)\to(Y,V)$ равномерного пространства (X,U) в равномерное пространство (Y,V) является равномерно $\tau-$парасовершенным, то непрерывное отображение $f:(X,\tau_U)\to(Y,\tau_V)$ топологического пространства (X,τ_U) в топологическое пространство (Y,τ_V) является замкнутым отображением.

*Доказательство***.** Пусть O- произвольное такое открытое множество пространства (X,τ_U), что $O\supset f^{-1}y$. Тогда существует такое $\alpha\in U$, что $\alpha(f^{-1}y)\subset O$. Ясно, что покрытие $\{f^{-1}y:y\in Y\}$ вписано в покрытие $\alpha_{\aleph_0}$. Так как равномерно непрерывное отображение $f:(X,U)\to(Y,V)$ является равномерно $\tau-$парасовершенным, то $f^{\#}\alpha_{\aleph_0}\in V$. Положим $\beta=f^{\#}\alpha_{\aleph_0}$. Тогда существует $B\in\beta$ такое, что $B\ni y$ и $f^{-1}B\subset O$. Следовательно, непрерывное отображение $f:(X,\tau_U)\to(Y,\tau_V)$ является замкнутым отображением.

Американский математик М.Д. Райс ввел замечательного понятия - равномерно *R*-паракомпактного пространства. Напомним [4] это понятие, равномерное пространство (X,U) называется равномерно *R*-паракомпактным, если в каждое его открытое покрытие можно вписать равномерно локально конечное открытое покрытие.

Теорема 1. Пусть $f:(X,U)\to(Y,V)$ - равномерно $\tau-$парасовершенное отображение. Если (X,U) равномерно *R*-паракомпактно, то (Y,V) также является равномерно $\tau-$парасовершенным.

Доказательство. Пусть β-произвольное конечно аддитивное открытое покрытие пространства (Y,V). Тогда $f^{-1}\beta=\alpha$ является открытым конечно аддитивным покрытием пространства (X,U). Легко видеть, что покрытие $\{f^{-1}y:y\in Y\}$ состоящее из компактных подмножеств $f^{-1}y$ пространства (X,U) будет вписанным в конечно аддитивное открытое покрытие α. Тогда в силу равномерно $\tau-$парасовершенности отображения f, покрытие $f^{\#}\alpha_{\aleph_0}=f^{\#}\alpha$ является открытым равномерным покрытием пространства (Y,V). Ясно, что $f^{\#}\alpha\succ\beta$. Следовательно, β является равномерным покрытием пространства (Y,V). Значит, (Y,V) является равномерно *R*-паракомпактным пространством.

Теорема 2. Пусть $f:(X,U)\to(Y,V)$ - равномерно $\tau-$парасовершенное отображение. Тогда (X,U)- равномерно *R*-паракомпактно тогда и только тогда, когда (Y,V) равномерно *R*-паракомпактно.

Доказательство. Пусть (Y,V)- равномерно *R*-паракомпактное пространство и α - произвольное конечно аддитивное открытое покрытие пространства (X,U). Заметим, что покрытие $\{f^{-1}y : y \in Y\}$ вписано в покрытие α .Согласно предложение 1 покрытие $f^{\#}\alpha$ является открытым. Положим $\beta = f^{\#}\alpha$. Т. к. равномерное пространство (Y,V) является равномерно *R*-паракомпактным, то $\beta_{\aleph_0} = f^{\#}\alpha_{\aleph_0} = f^{\#}\alpha$ является равномерным покрытием пространства (Y,V). Легко видеть, что $f^{-1}\beta_{\aleph_0} \succ \alpha$. Следовательно, (X,U) является равномерно *R*-паракомпактным. Обратное утверждение следует из теоремы 1.

Напомним, что равномерное пространство (X,U) называется равномерно *A*-паракомпактным, если в каждое его конечно аддитивное открытое покрытие можно вписать локально конечное равномерное покрытие. Равномерное пространство (X,U) называется сильно равномерно паракомпактным, если в каждое его конечно аддитивное открытое покрытие можно вписать звездно конечное равномерное покрытие [5].

Теорема 3. Если $f:(X,U) \to (Y,V)$ - равномерно $\tau -$парасовершенное отображение равномерно *A*-паракомпактного пространства (X,U) в равномерное пространство (Y,V), то (Y,V) также является равномерно *R*-паракомпактным.

Доказательство. Пусть $f:(X,U) \to (Y,V)$ - равномерно $\tau -$парасовершенное отображение и (X,U) - равномерно *A*-паракомпактное пространство. Пусть γ - произвольно конечно аддитивное открытое покрытие пространства (Y,V). Тогда $\alpha = f^{-1}\gamma$ является конечно аддитивным открытым покрытием пространства (X,U) .В силу равномерно *A*-паракомпактности пространства (X,U) в покрытие α впишем локально конечное равномерное покрытие $\beta \in U$. Ясно, что покрытие $\{f^{-1}y : y \in Y\}$ вписано в покрытие $\beta_{\aleph_0}$. Тогда в силу равномерно $\tau -$ парасовершенности отображения f, и $(f^{\#})^{-1}\beta$ является локально конечным равномерным покрытием пространства (Y,V). Легко видеть, что $(f^{\#})^{-1}\beta$ вписано в конечно аддитивное открытое покрытие γ. Следовательно, (Y,V) является равномерно *A*-паракомпактным.

Теорема 4. Пусть $f:(X,U) \to (Y,V)$ - равномерно $\tau -$парасовершенное отображение. Тогда (X,U) - равномерно *A*-паракомпактно тогда и только тогда, когда (Y,V) равномерно *A*-паракомпактно.

Доказательство. Пусть (Y,V) - равномерно *A*-паракомпактно, а α - произвольное конечно аддитивное открытое покрытие пространства (X,U). Тогда покрытие $\{f^{-1}y : y \in Y\}$ будет вписанным в покрытие $\alpha_{\aleph_0} = \alpha$. Т. к. отображение f является замкнутым отображением, то $f^{\#}\alpha_{\aleph_0} = f^{\#}\alpha$ является конечно аддитивным открытым покрытием пространства (Y,V). В силу равномерно *A*-паракомпактности пространства (Y,V) в открытое конечно аддитивное покрытие $\beta = f^{\#}\alpha$ впишем локально конечное равномерное покрытие $\gamma \in V$ т. е. $\alpha \succ \beta$. Легко видеть, что $f^{-1}\gamma \succ \alpha$. Заметим, что $f^{-1}\gamma$ - локально конечное равномерное покрытие пространства (X,U). Остальная часть теоремы легко следует из теоремы 3.

Нам понадобится следующее утверждение доказанное Б. Э. Канетовым:

Для равномерного пространства (X,U) следующие условия равносильны:

1) (X,U) - сильно равномерно паракомпактны,

2) X - сильно паракомпактно и (X,U) - равномерно *A*-паракомпактно.

Определение сильно равномерно паракомпакта принадлежит Б. Э. Канетову.

Теорема 5. Для равномерного пространства следующие условия равносильны:

1) (X,U) - равномерно *A*-паракомпактно;

2) Существует сильно равномерно паракомпактное пространство (Y,V) и равномерно $\tau -$ парасовершенное отображение $f:(Y,V)\to(X,U)$.

Доказательство. $1)\Rightarrow 2)$. Пусть (X,U) - равномерно *A*-паракомпактно. Пусть $\dot{X}$ - абсолют тихоновского пространства X. Тогда существует совершенное отображение $f:\dot{X}\to X$. Известно, что если X - паракомпактно, то $\dot{X}$ - сильно паракомпактно.

Теперь определим равномерность $\dot{U}$ в $\dot{X}$ следующим образом: Положим $U^{*}=\{f^{-1}\alpha:\alpha\in U\}$. Ясно, что U^{*}- равномерность в $\dot{X}$. Через U_{*} - обозначим равномерность в $\dot{X}$, порожденное всеми конечными дизъюнктными открытыми покрытиями. Положим $\dot{U}=\sup\{U^{*},U_{*}\}$. Легко видеть, что $f:(\dot{X},\dot{U})\to(X,U)$ равномерно непрерывно. Покажем, что $(\dot{X},\dot{U})$ является равномерно *A*-паракомпактным. В самом деле, пусть α- произвольное конечно аддитивное открытое покрытие пространства $(\dot{X},\dot{U})$. Т. к. f - совершенное отображение, то $\{f^{-1}y:y\in Y\}\succ\alpha_{\aleph_0}=\alpha$ и $\beta=f^{\#}\alpha$ является конечно аддитивным открытым покрытием пространства $\dot{X}$. Тогда существует такое локальное конечное равномерное покрытие $\gamma\in U$, что $\alpha\succ\beta$. Легко видеть, что $f^{-1}\gamma\succ\alpha$. Следовательно, в силу выше сказанного утверждения равномерное пространство $(\dot{X},\dot{U})$ является сильно равномерно паракомпактным. Легко видеть, что f является равномерно $\tau -$ парасовершенным отображением.

Напомним, что равномерное пространство (X,U) называется равномерно сильно *U*-паракомпактным, если в любое его открытое покрытие можно вписать равномерно звездно конечное открытое покрытие.

Как показал Б. Э. Канетов, что равномерно звездная конечность равносильно звездно конечную равномерно локальную конечность.

Известно также, что равномерное пространство (X,U) равномерно сильно *U*-паракомпактно тогда и только тогда, когда X сильно паракомпактно и (X,U) - равномерно *R*-паракомпактно.

В самом деле, пусть (X,U) - равномерно сильно *U*-паракомпактно и α - произвольное открытое покрытие пространства (X,U). Тогда существует звездно конечное равномерно локально конечное открытое покрытие β пространства (X,U) вписанное в покрытие α. Следовательно, пространство (X,U) является равномерно *R*-паракомпактным. Легко видеть, что (X,τ_U) - сильно паракомпактно. Обратно, пусть X - сильно паракомпактно и (X,U) - равномерно *R*-паракомпактно. Пусть α - произвольное открытое покрытие пространства (X,U). Тогда $\alpha_{\aleph_0}\in U$. В силу сильной паракомпактности пространства X, в покрытие α можно вписать звездно конечное открытое покрытие β. Ясно, что $\beta_{\aleph_0}\succ\alpha_{\aleph_0}$. Легко видеть, что β равномерно звездно конечное открытое покрытие: пусть $B\in\beta_{\aleph_0}$, где $B=\bigcup_{i=1}^{n}B_i$. Каждое A_i пересекается лишь с конечным числом элементов из β. Тогда $\beta(B)=\bigcup_{k=1}^{n}B_k$. Следовательно, $\beta(B)$ пересекается лишь конечным числом элементов из β.

Теорема 6. Равномерное пространство (X,U) равномерно *R*-паракомпактно тогда и только тогда, когда существует равномерно сильно *U*-паракомпактное пространство (Y,V) и равномерно $\tau-$парасовершенное отображение $f:(Y,V)\to(X,U)$.

Доказательство. Необходимость. Пусть (X,U) - равномерно *R*-паракомпактно и $\dot{X}$ - абсолют пространства X. Тогда существует совершенное отображение $f:\dot{X}\to X$. Ясно, что $\dot{X}$ - сильно паракомпактно. Пусть $U'=\left\{f^{-1}\alpha:\alpha\in U\right\}$, U'' - равномерность порожденная всеми конечными дизъюнктными открытыми покрытиями. Положим $\dot{U}=\sup\{U',U''\}$. Пусть α - любое открытое покрытие пространства $(\dot{X},\dot{U})$. Ясно, что покрытие $\left\{f^{-1}x:x\in X\right\}$ вписано в конечно аддитивное открытое покрытие $\alpha_{\aleph_0}$. Тогда $f^{\#}(\alpha_{\aleph_0})$ является открытым покрытием пространства (X,U). Так как (X,U) является равномерно *R*-паракомпактным, то $\beta_{\aleph_0}\in U$ где $\beta=f^{\#}(\alpha_{\aleph_0})$. Следовательно, $f^{-1}\beta_{\aleph_0}\in\dot{U}$. Легко видеть, что $f^{-1}\beta_{\aleph_0}$ вписано в $\alpha_{\aleph_0}$. Итак, $(\dot{X},\dot{U})$ является равномерно сильно *U*-паракомпактным пространством. Также легко видеть, что $f:(\dot{X},\dot{U})\to(X,U)$ является равномерно $\tau-$парасовершенным отображением.

Достаточность следует из того факта, что всякое равномерно сильно *U*-паракомпактное пространство является равномерно *R*-паракомпактным пространством.

1. Александров П.С. Введение в теорию множеств и общую топологию. - М.: Наука, 1977.
2. Келли Дж.Л. Общая топология. - М.: Наука, 1981.
3. Энгелькинг Р. Общая топология. - М.: Мир, 1986.
4. Борубаев А.А. Равномерная топология. - Бишкек: Илим, 2013.
5. Канетов Б.Э. Некоторые классы равномерных пространств и равномерно непрерывных отображений. - Бишкек, 2013.

Аңдатпа. *Ұсынылып отырған мақалада топологиялық кеңістіктің компактілік кескіндерінің кейбір типтері зерттеледі. Бірқалыпты* $\tau-$*паратұйық және компактілі кескінделу бірқалыпты* $\tau-$*паражетілдірілген кескіндер деп аталады. Егер бірқалыпты үзіліссіз кескін бірқалыпты* $\tau-$*паражетілдірілген болса, онда үзіліссіз кескін тұйық кескін болатыны орнатылған. Сол сияқты, бірқалыпты* $\tau-$*паражетілдірілген кескіндерде бірқалыпты R-паракомпактілік бейне жағында сақталатыны да орнатылған.*

Түйін сөздер: *кеңістік, бірқалыпты үзіліссіз кескін, бірқалыпты бүркеу, аддитивті бүркеу, бірқалыпты паражетілдірілген кескін.*

Abstract. *In this paper the some type of compact mappings of topological space where are studied. The uniformly* $\tau-$*paraperfekt mappings and compact mappings defined is a uniformly* $\tau-$*paraperfekt mappings. If a mapping is a uniformly* $\tau-$*paraperfekt, then continuous mapping is a closed there are established. Also, established that uniformly* $\tau-$*paraperfekt mappings the uniformly R-paracompactness is kept to counter image.*

Keywords: *uniform space, uniformly continuous mapping, uniform covering, additive covering, uniformly paraperfekt mapping.*

УДК 551.(582.2:578.46)

А.Б. Амантаева*, Е.П. Макашев, П.Т. Омарова, У.А. Досбол***

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССОВ ОПУСТЫНИВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

(г.Алматы, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, *-бакалавр, **-магистрант)

Аннотация. Прогнозирование временных рядов предполагает, что данные, полученные в прошлом, помогают объяснить значения в будущем. По проведённым анализам данных вегетативных индексов Акмолинской, Костанайской, Северо-Казахстанской области разработана математическая модель и алгоритм расчета прогнозирования опустынивания земель Акмолинской, Костанайской, Северо-Казахстанской области. В итоге получено прогнозирование опустынивания на длительный срок до 2030 года

Ключевые слова: прогнозирование, опустынивание, вегетативный индекс, дистанционное зондирование, математический модель.

Введение. Опустынивание – это одна из важнейших проблем экологии, которая наиболее остро проявляется на аридных территориях, занимающих около 30% площади суши. Аридные территории мира в общем порядке составляют около 80% орошаемых земель, 170 млн. га используется под богарное земледелие и 3.6 млрд. га применяются в качестве пастбищ. На этой территории проживает более 800 млн. человек, что составляет почти 20% населения мира.

По официальным данным, площадь опустынивания в Казахстане составляет 179,9 млн. га или 66% территории республики. Возрастающие темпы освоения аридных территорий и в тоже время развитие процессов их опустынивания предъявляют повышенные требования к изучению и картографированию почв и природных условий аридных территорий.

Таким образом, в Казахстане существует острая необходимость принять неотложные меры для предотвращения дальнейшей деградации земель и провести мероприятия по восстановлению и дальнейшему рациональному использованию природных ресурсов страны, в том числе земельных и водных.

Прогнозирование временных рядов предполагает, что данные, полученные в прошлом, помогают объяснить значения в будущем. Важно понимать, что в ряде случаев мы имеем дело с деталями, не отраженными в накопленных данных [1].

Временные ряды – это совокупность значений, полученных в период времени, обычно через равные интервалы.

Целью данной работы является разработка математической модели и алгоритма расчета прогнозирования опустынивания на основе вегетационных индексов (IVI, IVCI, SPI, ГТК) полученных с помощью дистанционного зондирования (ДЗ) территории Республики Казахстан (Акмолинской, Костанайской, Северо-Казахстанской области).

Обсуждения результатов исследования.

На основе полученных вегетационных индексов IVI, IVCI, ГТК за 2000-2012 гг. были рассчитаны усредненные вегетационные индексы по трем областям Республики Казахстан:

Таблица1. Акмолинская область

	IVI	IVCI	ГТК
2000	0,793135	0,643991	0,706422
2001	0,892855	0,823715	0,871555
2002	1	1	0,706422
2003	0,839628	0,724635	0,678899
2004	0,641183	0,38108	0,431192
2005	0,808591	0,680926	0,853211
2006	0,642067	0,389152	0,642201
2007	0,778939	0,62411	0,72477
2008	0,570822	0,262213	0,568807
2009	0,741628	0,565606	1
2010	0,553653	0,244362	0,284403
2011	0,811037	0,631879	0,889908
2012	0,477934	0,056353	0,559633

Таблица 2. Костанайская область

	IVI	IVCI	ГТК
2000	0,87696	0,791356	0,642276
2001	0,875042	0,776755	0,853658
2002	1	1	0,756097
2003	0,90798	0,82891	0,609756
2004	0,66498	0,425371	0,487804
2005	0,913865	0,859789	1
2006	0,612192	0,318284	0,626016
2007	0,861597	0,766066	0,772357
2008	0,699514	0,462684	0,796747
2009	0,67375	0,443207	0,742187
2010	0,542709	0,213058	0,260162
2011	0,86926	0,70259	0,967479
2012	0,512461	0,082432	0,658536

Таблица 3. Северо-Казахстанская область

	IVI	IVCI	ГТК
2000	0,811635	0,560809	0,642276
2001	0,949329	0,897098	0,853658
2002	1	1	0,756097
2003	0,923721	0,839355	0,609756
2004	0,753455	0,440956	0,487804
2005	0,936184	0,865003	1
2006	0,794021	0,513032	0,626016
2007	0,874388	0,711483	0,772357
2008	0,744303	0,430008	0,796747
2009	0,810479	0,563883	0,742187
2010	0,63557	0,173405	0,260162
2011	0,994564	0,869879	0,967479
2012	0,69221	0,182899	0,658536

Далее, исходя из полученных данных Таблиц 1 для вегетационных индексов IVI, IVCI, ГТК, были построены графики вегетационных индексов, отдельно для каждых областей (см. рисунки 1-3).

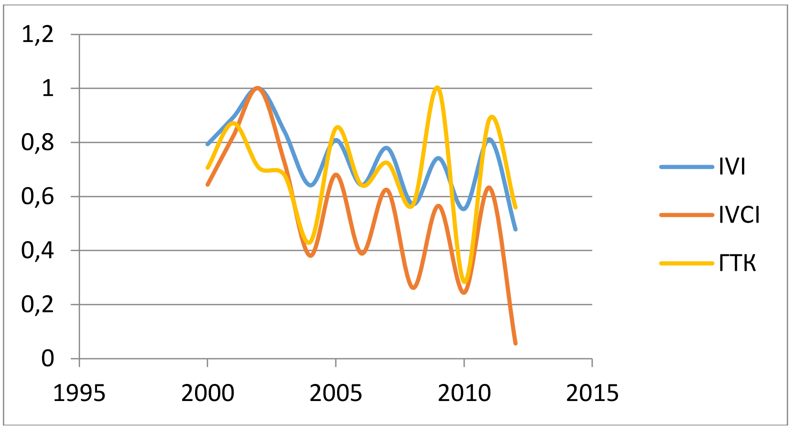


Рисунок 1. Динамика вегетационных индексов IVI, IVCI, ГТК Акмолинской области

Определим индекс корреляции для рассмотренных случаев [2, 3].

Величина индекса корреляции R находится в границах от 0 до 1. Чем ближе она к единице, тем теснее связь рассматриваемых признаков, тем более надежно уравнение регрессии.

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum(y_i - y_x)^2}{\sum(y_i - \overline{y})^2}} \qquad (1)$$

$$R = \sqrt{1 - \frac{0.85}{0.91}} = 0.25$$

Полученная величина свидетельствует о том, что фактор x не существенно влияет на y.

Рисунок 2. Динамика вегетационных индексов IVI, IVCI, ГТК Костанайской области

Рисунок 3. Динамика изменения вегетационных индексов IVI, IVCI, ГТК Северо-Казахстанской области за период 2000 – 2012 гг.

Для любой формы зависимости теснота связи определяется с помощью множественного коэффициента корреляции R.

Данный коэффициент является универсальным, так как отражает тесноту связи и точность модели, а также может использоваться при любой форме связи переменных. При построении однофакторной корреляционной модели коэффициент множественной корреляции равен коэффициенту парной корреляции r_{xy}.

В отличие от линейного коэффициента корреляции он характеризует тесноту нелинейной связи и не характеризует ее направление. Изменяется в пределах [0;1].

Расчет линейного коэффициента корреляции Акмолинской области (таблица 4) по формуле (2) равен R=0,78837933 и квадратичное отклонение ∑=0,038948694. Величина индекса корреляции R находится близко 1. Чем ближе она к единице, тем теснее связь рассматриваемых признаков. Индекс корреляции R находится на интервале $0.7 < R < 0.9$, которая доказывает высокую и тесную связь данной зависимости.

Таблица 4. Расчет линейного коэффициента корреляции Акмолинской области

Акмолинская область							
	IVI	IVCI	ГТК	Эксперимент, y_i	Расчет, $y(x_i)$	$(y_i - y(x_i))^2$	$(y_i - y_{средн.})^2$
2003	0,839628	0,724635	0,678899	0,747720667	0,7021592	0,002075847	0,02124617
2004	0,641183	0,38108	0,431192	0,484485	0,4931855	7,56994E-05	0,01380038
2005	0,808591	0,680926	0,853211	0,780909333	0,7491317	0,00100982	0,03202286
2006	0,642067	0,389152	0,642201	0,557806667	0,4270579	0,017095233	0,00194952
2007	0,778939	0,62411	0,72477	0,709273	0,7845351	0,005664379	0,01151608
2008	0,570822	0,262213	0,568807	0,467280667	0,3745315	0,008602402	0,01813852
2009	0,741628	0,565606	1	0,769078	0,8045773	0,001260203	0,02792843
2010	0,553653	0,244362	0,284403	0,360806	0,3388187	0,00048344	0,05815525
2011	0,811037	0,631879	0,889908	0,777608	0,8066901	0,000845767	0,03085222
2012	0,477934	0,056353	0,559633	0,36464	0,3217925	0,001835905	0,05632078
				∑=6,019607333		∑=0,038948694	∑=0,271930211
				$y_{средн.}$= 0,601960733			
							R=0,78837933

Основываясь на данные и анализ графиков вегетационных индексов IVI, IVCI, ГТК для Акмолинской области, Костанайской области и Северо-Казахстанской области была разработана математическая модель прогнозирования опустынивания для этих областей.

Формула расчета прогнозирования опустынивания для Акмолинской области:

$$y_i=0.24\cdot\sin(3\cdot x_i+0.5)+0.6(1-(x_i-2004)\cdot 0.01) \qquad (2)$$

Рисунок 4 показывает качественное согласие расчетных данных с экспериментальными с 2004 года по 2012 год. Далее, с 2013 года по 2030 год следует прогноз опустынивания для данной области

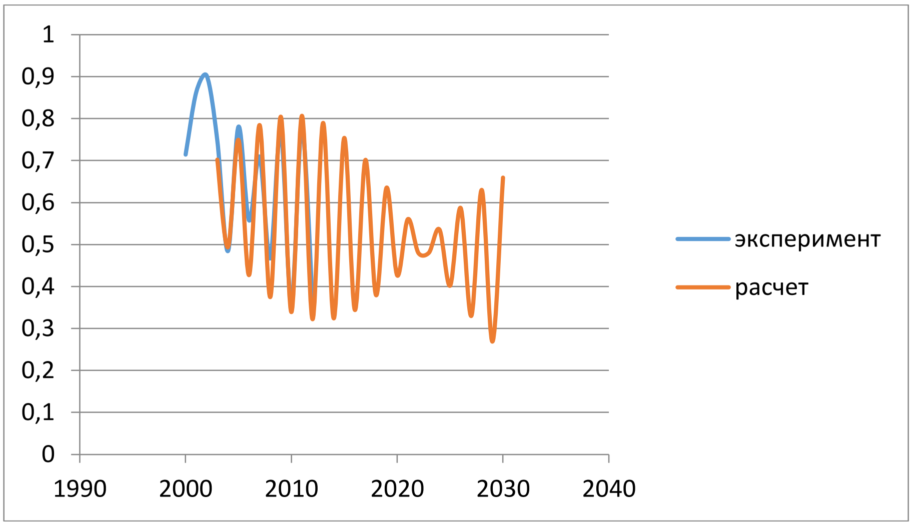


Рисунок 4. Диаграмма Акмолинской области

Формула расчета прогнозирования опустынивания для Костанайской области:

$$y_i=0.3\cdot\sin(3\cdot x_i+0.1)+0.67(1-(x_i-2004)\cdot 0.01) \qquad (3)$$

Сравнительные расчетные данные, рисунок 5 за период с 2003 по 2012 годы, дают хорошие согласия с экспериментальными данными. Прогноз опустынивания для Костанайской области рассчитана для 2012-2030 г.г.

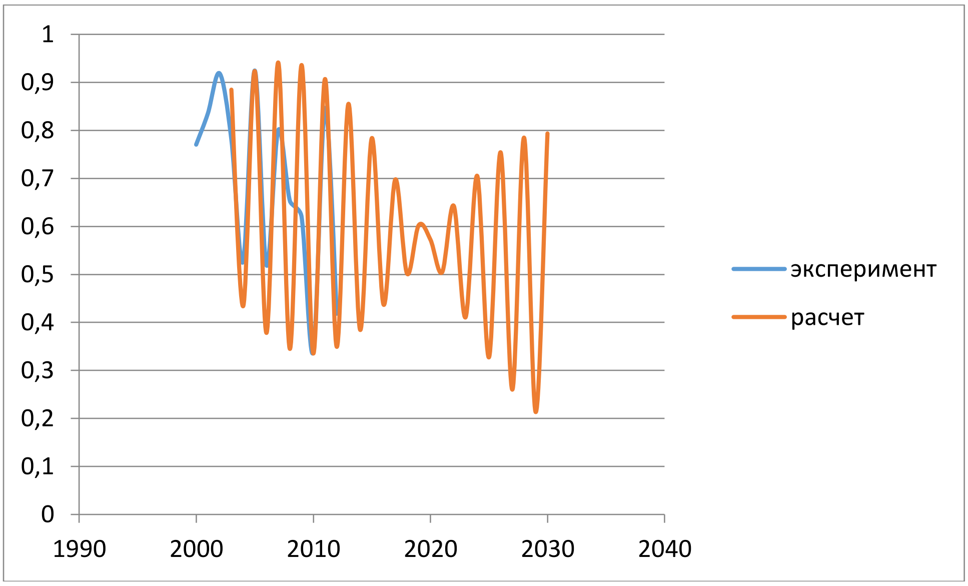


Рисунок 5. Диаграмма Костанайской области

Формула расчета прогнозирования опустынивания земель Северо-Казахстанской области:

$$y_i=0.5\cdot\sin(3\cdot x_i+1.3)+0.66(1-(x_i-2004)\cdot 0.008) \tag{4}$$

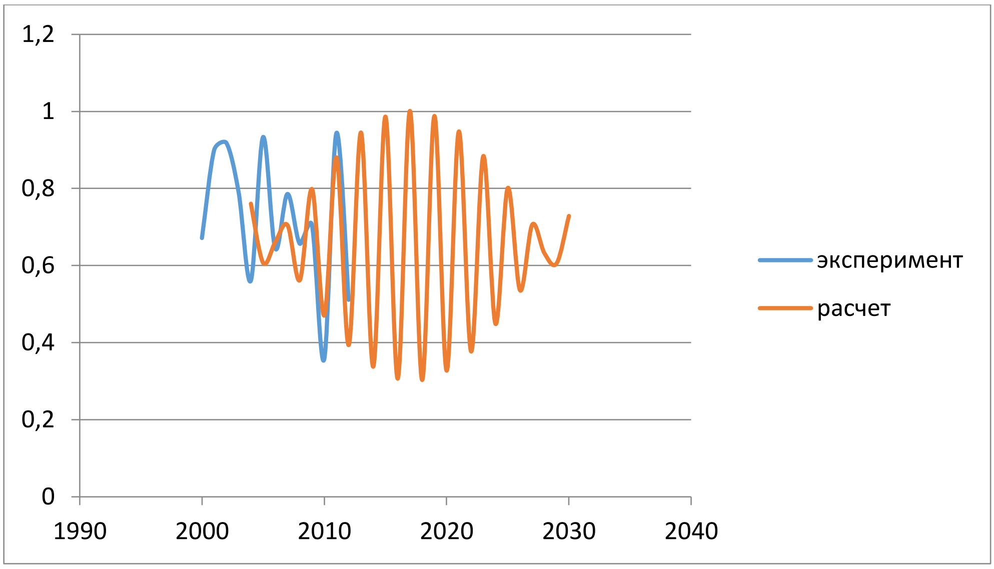


Рисунок 6. Диаграмма Северо-Казахстанской область

Сравнительные расчетные данные диаграммы для Северо-Казахстанской области, рисунок 6 за период с 2003 по 2012 годы, дают хорошие согласия с экспериментальными данными. Прогноз опустынивания земель Северо-Казахстанской области рассчитана для 2012-2030 г.г.

Заключение.

В результате проведенных исследований по полученным вегетационным индексам, был проведен анализ Акмолинской, Костанайской, Северо-Казахстанской области. Разработана математическая модель и алгоритм расчета тенденции процессов опустынивания территории Республики Казахстан для Акмолинской, Костанайской, Северо-Казахстанской области. На основе корреляционного анализа были рассмотрены различные методы, выбраны наиболее оптимальные методы анализа данных. Рассчитана степенная функция, экспоненциональная функция, методы экстраполяции, а именно - метод скользящей средней, метод экспоненциального сглаживания, метод наименьших квадратов. Результаты полученных расчетов дают качественное и количественное согласие с экспериментальными данными.

1. Научно-методические рекомендации по вопросам диагностики социальных рисков и прогнозирования вызовов, угроз и социальных последствий. Российский государственный социальный университет, Москва. 2010.
2. Владимирова Л.П. Прогнозирование и планирование в условиях рынка: Учеб. пособие. М.: Издательский Дом «Дашков и Ко», 2001.
3. М.А. Попова, С.А. Станкевич, А.А. Козлова Дистанционная оценка риска деградации земель с использованием космических снимков и геопространственного моделирования. ISSN 1025-6415 Доповіді Національної академії наук України, 2012, №6. 100–103.

Аңдатпа. *Мезгілдік құбылыстарды жорамалдау үшін өткен шақта алынған деректер, болашақтағы мәні туралы деректер алуға көмектеседі. Ақмола, Қостанай, Солтүстік*

Қазақстан облыстарының вегетативті индекстері алынған деректер бойынша математикалық моделдерін өңдеу және Ақмола, Қостанай, Солтүстік Қазақстан облыстарының шөлге айналу жерлеріне болжам жасауға есептеу алгоритмін құру. Қорыта келе шөлге айналу жерлеріне 2030 жылға дейінгі ұзақ мерзімге болжам жасау алынды.

Түйін сөздер: *болжам жасау, шөлге айналу, вегетативті индекс, қашықтықтан көру, математикалық модель.*

Abstract. *Prediction of time series assumes that the data obtained in the past, help to explain the significance in the future. By The analysis of the data of vegetative indices Akmola, Kostanai, North Kazakhstan region developed a mathematical model and calculation algorithm predicting desertification Akmola, Kostanai, North Kazakhstan region. The result had been forecasting desertification for the long term until 2030.*

Keywords: *prognostication, desertification, vegetative index, remote sensing, mathematical models.*

УДК 517.9

Н.К. Аширбаев [1], А.Б. Иманбетова[1], Р.Б. Бекмолдаева [1], J.Banaś [2]

ЕДИНЫЙ ПОДХОД К НЕКОТОРЫМ КЛАССАМ НЕЛИНЕЙНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

([1] г. Шымкент, Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова,
[2] Department of Mathematics, Rzeszrow University of Technology, Poland)

Аннотация *В статье рассмотрены некоторые результаты, касающиеся нелинейных интегральных уравнений Вольтерра-Стилтьеса. Приведено доказательство теоремы о существовании решений интегрального уравнения Вольтерра-Стилтьеса. Выбор подходящей производящей функции позволяет получить различные виды интегральных уравнений.*

Ключевые слова: *интегральные уравнения типа Вольтерра-Чандрасекара, Вольтерра-Винера-Хопфа, Эрдели-Кобера.*

1. Введение. Функциональный анализ - раздел математики, главной задачей которого является изучение бесконечномерных пространств и их отображений. Наиболее изучены векторные пространства и линейные отображения. Для функционального анализа характерно сочетание методов и объединение подходов классического анализа, топологии и линейной алгебры, что приводит к установлению связей между отдаленными разделами математики [1-3].

Развитие функционального анализа происходило параллельно с развитием современной теоретической физики, в частности, выяснилось, что язык функционального анализа наиболее адекватно отражает закономерности квантовой теории, статистической механики и т.п. В свою очередь, физические теории оказали существенное влияние на проблематику и методы функционального анализа.

Одновременно с развитием и расширением понятия пространства шло развитие и обобщение понятия функции (отображения), что привело, в конечном счете, к необходимости рассматривать отображения (не обязательно линейные) одного пространства в другое - нелинейные операторы. Основными направлениями такого нелинейного функционального анализа являются:

1) дифференциальное исчисление нелинейных операторов, включая теоремы о локальном обращении и о неявной функции;

2) принципы неподвижной точки для различных классов нелинейных операторов (сжимающих, контактных и т.п.) и связанные с ними вопросы разрешимости уравнений;

3) спектральные свойства нелинейных операторов (точки бифуркации, ветви непрерывности и т.д.);

4) бесконечномерные пространства, линейные в малом - банаховы многообразия;

5) экстремальные свойства нелинейных функционалов и вариационные методы исследования нелинейных операторов.

Интегральные уравнения типа Вольтерра-Чандрасекара, квадратичные интегральные уравнения дробного порядка, нелинейные интегральные уравнения типа Вольтерра-Винера-Хопфа и нелинейные интегральные уравнения типа Эрдели-Кобера играют очень важную роль в приложениях к описанию многочисленных реальных событий. Наша цель состоит в том, чтобы показать, что упомянутые интегральные уравнения можно рассматривать с точки зрения нелинейных интегральных уравнений Вольтерра-Стилтьеса. Появление интеграла Римана-Стилтьеса в этих интегральных уравнениях порождается функцией двух переменных. Выбор подходящей производящей функции позволяет получить различные виды интегральных уравнений.

2. Теорема о существовании решений интегрального уравнения Вольтерра-Стилтьеса

Рассмотрим нелинейное интегральное уравнение Вольтерра-Стилтьеса:

$$x\,(t)\ = a(t)\ + \frac{f\ (t, x\ (t))}{\Gamma\ (\alpha)}\int_0^t v(t, s, x\ (s))\ d_s g\ (t, s), \tag{1}$$

где $t \in I = [0, 1]$ и Γ (α) - гамма-функция. Кроме того, α является фиксированным числом из интервала (0, 1). Заметим, что отрезок [0, 1] можно заменить любым отрезком $[a, b]$.

Будем рассматривать существование решений (1) при следующих предположениях.

(I) Функция $a = a\ (t)$ непрерывна на отрезке I.

(II) Функция $f\ (t, x) = f\colon I \times \mathrm{R} \to \mathrm{R}$ непрерывна и удовлетворяет условию Липшица по второй переменной; то есть, существует постоянная $k > 0$ такая, что

$$|\ f\ (t,x)\ -\ f\ (t,y)| \le k\ |x-y|\ , \tag{2}$$

для всех $t \in I$ и $x, y \in \mathrm{R}$.

(III) Функция $g(t, s) = g : \Delta \to \mathrm{R}$ непрерывна.

(IV) Функция $s \to g(t, s)$ с ограниченным изменением на отрезке $[0, t]$ для каждого фиксированного $t \in I$.

(V) Для любого $\varepsilon > 0$, существует $\delta > 0$ такое, что для всех $t_1, t_2 \in I$, $t_1 < t_2$, и $t_2 - t_1 \le \delta$, выполняется следующее неравенство:

$$\bigvee_{s=0}^{t_1} [g(t_2, s)\ -\ g(t_1, s)]\ \le\ \varepsilon\ . \tag{3}$$

(VI) $g(t, 0) = 0$ для любых $t \in I$.

(VII) $v\ : \Delta \times \mathrm{R} \to \mathrm{R}$ непрерывна, так что $v\ (t, s, x)| \le \phi(|x|)$ для всех $(t, s) \in \Delta$ и для каждого $x \in \mathrm{R}$, где $\phi\colon R_+ \to R_+$ – неубывающая функция.

Теперь приведем некоторые свойства функции $g = g(t,\ s)$, которые будут необходимы в дальнейших рассуждениях. Очевидно, будем считать, что g удовлетворяет предположениям (III) - (VI).

Отметим, что эти свойства были доказаны в [4].

Лемма 1. Пусть предположения (III) - (V) выполнены. Тогда для произвольного фиксированного числа $t_2 \in I$ ($t_2 > 0$) и для любого ε> 0 существует δ> 0 такое, что если t_1, $t_2 \in I$, $t_1 < t_2$, и $t_2 - t_1 \le \delta$, то

$$\bigvee_{s=t_1}^{t_2} g(t_2, s) \leq \varepsilon \,. \tag{4}$$

Лемма 2. При предположениях (III)–(V), функция

$$t \to \bigvee_{s=0}^{t} g(t, s) \tag{5}$$

непрерывна на отрезке I.

Следствие 3. Существует конечная положительная постоянная K такая, что

$$K = \sup\left\{\bigvee_{s=0}^{t} g(t, s) \,:\, t \in I\right\} \tag{6}$$

В самом деле, вышеприведенное утверждение непосредственно вытекает из непрерывности функции

$$t \to \bigvee_{s=0}^{t} g(t, s) \tag{7}$$

Далее обозначим через F_1 конечную константу (см. предположение (III)), определенную по формуле

$$F_1 = max\{|f\,(t, 0)|: t \in I\}\,. \tag{8}$$

Теперь можно сформулировать последнее предположение, используемое в наших рассуждениях.

(VIII) Существует положительное решение r_0 неравенства

$$\|a\| + K(kr + F_1)\,\phi\,(r) \leq r, \tag{9}$$

такое, что $kK\phi(r_0)<1$.

Основной результат формулируется в виде следующей теоремы:

Теорема 1. При предположениях (I) - (VIII) существует по крайней мере одно решение
$x = x\,(t)$ уравнения (1), принадлежащее пространству $C\,(I)$.

Доказательство. В начале, введем две функции $M(\varepsilon)$, $N(\varepsilon)$ определенные следующим образом:

$$M(\varepsilon) = \sup\left\{\bigvee_{s=0}^{t_1} |g(t_2, s) - g(t_1, s)| \,:\, t_1, t_2 \in I, t_1 < t_2, t_2 - t_1 \leq \varepsilon\right\},$$

$$N(\varepsilon) = \sup\left\{\bigvee_{s=t_1}^{t_2} g(t_2, s) \,:\, t_1, t_2 \in I, t_1 < t_2, t_2 - t_1 \leq \varepsilon\right\}. \tag{10}$$

Обратите внимание, что в силу предположения (V) имеем, что $M(\varepsilon) \to 0$ при $\varepsilon \to 0$. Кроме того, $N(\varepsilon) \to 0$ при $\varepsilon \to 0$, что легко следует из леммы 1.

Далее, для фиксированного $x \in C(I)$ и $t \in I$ обозначим

$$\begin{gathered} (Fx)(t) = f(t, x\,(t))\,, \\ (Vx\,)(t) = \int_0^t v(t, s, x\,(s))\,d_s g\,(t, s)\,, \\ (Qx)(t) = a(t) + (Fx)(t)(Vx\,)(t)\,. \end{gathered} \tag{11}$$

Далее зафиксируем произвольно $\varepsilon > 0$ и возьмем $t_1, t_2 \in I$ такие, что $t_1 < t_2$ и $t_2 - t_1 \leq \varepsilon$. Тогда, в силу наших предположений и лемм 1 и 2 [5], при фиксированном $x \in C(I)$, получаем

$$|(Vx)(t_2) - (Vx)(t_1)| \leq \left|\int_0^{t_2} v\big(t_2, s, x(s)\big)d_s g(t_2, s) - \int_0^{t_1} v\big(t_2, s, x(s)\big)d_s g(t_2, s)\right|$$

$$+\left|\int_0^{t_1} v\big(t_2,s,x(s)\big)d_s g(t_2,s)-\int_0^{t_1} v\big(t_1,s,x(s)\big)d_s g(t_2,s)\right|$$

$$+\left|\int_0^{1} v\big(t_1,s,x(s)\big)d_s g(t_2,s)-\int_0^{t_1} v\big(t_1,s,x(s)\big)d_s g(t_1,s)\right|$$

$$\leq \int_{t_1}^{t_2}\left|v\big(t_2,s,x(s)\big)\right| d_s\left(\bigvee_{p=o}^{s} g(t_2,p)\right)$$

$$+\int_0^{t_1}\left|v\big(t_2,s,x(s)\big)-v\big(t_1,s,x(s)\big)\right| d_s\left(\bigvee_{p=o}^{s} g(t_2,p)\right)$$

$$+\int_0^{t_1}\left|v\big(t_1,s,x(s)\big)\right| d_s\left(\bigvee_{p=o}^{s}[g(t_2,p)-g(t_1,p)]\right)$$

$$\leq \phi(\|x\|)\int_{t_1}^{t_2} d_s\left(\bigvee_{p=o}^{s} g(t_2,p)\right)$$

$$+\int_0^{t_1}\left|v\big(t_2,s,x(s)\big)-v\big(t_1,s,x(s)\big)\right| d_s\left(\bigvee_{p=o}^{s} g(t_2,p)\right)$$

$$+\phi(\|x\|)\int_0^{t_1} d_s\left(\bigvee_{p=o}^{s}[g(t_2,p)-g(t_1,p)]\right)$$

$$\leq \phi(\|x\|)\left[\bigvee_{s=o}^{t_2} g(t_2,s)-\bigvee_{s=o}^{t_1} g(t_2,s)\right]+\omega(\varepsilon)\bigvee_{s=o}^{t_1} g(t_2,s)$$

$$+\phi(\|x\|)\bigvee_{s=o}^{t_1}[g(t_2,s)-g(t_1,s)]$$

$$\leq \phi(\|x\|)\bigvee_{s=t_1}^{t_2} g(t_2,s)+\ \omega(\varepsilon)\bigvee_{s=0}^{t_2} g(t_2,s)+\ \phi(\|x\|)M(\varepsilon)$$

$$\leq \phi(\|x\|)N(\varepsilon)+K\omega(\varepsilon)+\phi(\|x\|)M(\varepsilon)\,, \tag{12}$$

где мы обозначили

$$\omega(\varepsilon)=sup\left\{\begin{matrix}|v(t_2,s,y)-v(t_1,s,y)|:\ (t_1,s),(t_2,s)\ \in\ \Delta,|t_2-t_1|\leq\varepsilon,\\ y\in[-\|x\|,\|x\|]\end{matrix}\right\}. \tag{13}$$

Кроме того, функции M(ε), N(ε) определяются (10) и постоянная K определяется по формуле (6).

Заметим, что в силу равномерной непрерывности функции v на множестве $\Delta\times[-\|x\|,\|x\|]$мы заключаем, что *ω (ε) → 0* при *ε → 0*. Связывая этот факт с леммой 1 и свойствами функций M(ε) и N(ε), указанными ранее, получаем из (12), что функция Vx непрерывна на отрезке I.

С другой стороны, функция Fx непрерывна на I, что легко следует из предположения (II) и леммы 4 [5]. Таким образом, имея в виду прежде установленные факты, предположение (I), и (11), мы заключаем, что функция Qx непрерывна на отрезке I. Это означает, что оператор Q переводит пространство $C(I)$ в себя.

В дальнейшем мы покажем, что оператор Q непрерывен на пространстве $C\ (I)$. Заметим, что в силу свойств оператора суперпозиции F [5], достаточно показать, что оператор V, определенный (11), непрерывен на $C\ (I)$.

Чтобы сделать это, фиксируем ε > 0 и $x \in C\ (I)$. Далее, возьмем произвольную функцию $y \in C(I)$ с $\|x-y\| \leq \varepsilon.$ Тогда, в силу леммы 1 [5], для произвольного фиксированного $t \in I$, мы получаем

$$|(Vx)(t)-(Vy)(t)| \leq \int_0^t \left|v\big(t,s,x(s)\big)-v\big(t,s,y(s)\big)\right| d_s\left(\bigvee_{p=o}^{s} g(t,p)\right). \qquad (14)$$

Теперь, обозначим

$$P=\|x\|+\ \varepsilon,$$

$$\omega_P\ (v,\varepsilon)=\ sup\{|v(t,s,w)-\ v(t,s,u)|:\ (t,s)\in\ \Delta,w,u\ \in[-P,P],|w-u| \leq\varepsilon\}. \qquad (15)$$

Тогда из (14) получаем следующие неравенства:

$$|(Vx)(t)-(Vy)(t)| \leq \int_0^t \omega_P(v,\varepsilon)d_s\left(\bigvee_{z=o}^{s} g(t,z)\right) \leq \omega_P(v,\varepsilon)\bigvee_{s=o}^{t} g(t,s) \leq K\omega_P(v,\varepsilon). \qquad (16)$$

Таким образом, в силу равномерной непрерывности функции V на множестве $\Delta \times [-P,\ P]$, получаем, что V непрерывна на пространстве $C\ (I)$.

В дальнейшем зафиксируем произвольно $x \in C\ (I)$. Тогда, принимая во внимание введенные предположения и применяя леммы 1 и 2 [5], для фиксированного $t \in I$ мы получаем

$$\begin{aligned}|(Qx)(t)| &\leq |a(t)|+\left|f\big(t,x(t)\big)\right|\int_0^t \left|v\big(t,s,x(s)\big)\right| d_s\left(\bigvee_{p=0}^{s} g(t,p)\right)\\ &\leq \|a\|+\left[\left|f\ \big(t,x\ (t)\big)-f(t,0)\right|+|f(t,0)|\right]\\ &\times\int_0^t \phi\ (\|x\|)d_s\left(\bigvee_{p=0}^{s} g(t,p)\right)\leq\|a\|\\ &+\ \ (k\|x\|F_1)\phi(\|x\|)\bigvee_{s=0}^{t} g(t,s). \qquad (17)\end{aligned}$$

Таким образом, в силу следствия 3, получаем следующую оценку:

$$\|Qx\|\ \leq\ \|a\|\ +\ (k\ \|x\|\ +F_1)\ K\phi\ (\|x\|). \qquad (18)$$

Тогда, имея в виду предположения (VIII), получаем, что существует число r_0 такое, что Q переводит шар B_{r_0} в себя и $kK\varphi\ (r_0) < 1$.

В дальнейшем, возьмем непустое подмножество X шара B_{r_0} и $x \in X$. Далее, зафиксируем ε>0 и выберем $t_1, t_2 \in I$ таким образом, что $t_1 < t_2$ и $t_2 - t_1 \leq$ ε. Тогда, применяя (12), получаем

$$\begin{gathered}|(Qx)(t_2)-(Qx)(t_1)| \leq |a(t_2)-a(t_1)|+\\ |(Fx)(t_2)(Vx)(t_2)-(Fx)(t_2)(Vx)(t_1)|+|(Fx)(t_2)(Vx)(t_1)-(Fx)(t_1)(Vx)(t_1)|\\ \leq\omega(a,\varepsilon)+|(Fx)(t_2)||(Vx)(t_2)-(Vx)(t_1)|\\ +|(Vx)(t_1)||(Fx)(t_2)-(Fx)(t_1)|\leq\omega(a,\varepsilon)+\\ \left[\left|f\big(t_2,x(t_2)\big)-f(t_2,0)\right|+|f(t_2,0)|\right]\times\{\phi(\|x\|)N\ (\varepsilon)+\ K\omega(\varepsilon)+\phi(\|x\|)M(\varepsilon)\}\\ +\left|\int_0^{t_1} v\big(t_1,s,x(s)\big)d_s g(t_1,s)\right|\\ \times\left\{\left|f\big(t_2,x(t_2)\big)-f\big(t_2,x(t_1)\big)\right|+\left|f\big(t_2,x(t_1)\big)-f\big(t_1,x(t_1)\big)\right|\right\}\end{gathered}$$

$$\le \omega(a,\varepsilon) + (k\|x\| + F_1) \times \{\phi(\|x\|)N(\varepsilon) + K\omega(\varepsilon) + \phi(\|x\|)M(\varepsilon)\}$$

$$+ \int_0^{t_1} \left|v\big(t_1, s, x(s)\big)\right| d_s \left(\bigvee_{p=0}^{s} g(t_1,p)\right) \times \left\{k|x(t_2) - x(t_1)| + \omega^1_{r_0}(f,\varepsilon)\right\}, \qquad (19)$$

где мы обозначили

$$\omega^1_{r_0}(f,\varepsilon) = sup\{|f(t_2,x) - f(t_1,x)| : \ t_1, t_2 \in I, |t_2 - t_1| \le \varepsilon, x \in [-r_0, r_0]\}. \qquad (20)$$

Далее из (19) получаем

$$|(Qx)(t_2) - (Qx)(t_1)|$$

$$\le \ \omega(a,\varepsilon) + (kr_0 + F_1) \times \{\phi(r_0)N(\varepsilon) + K\omega(\varepsilon) + \phi(r_0)M(\varepsilon)\}$$

$$+ \phi(r_0) \int_0^{t_1} d_s \left(\bigvee_{p=0}^{s} g(t_1,p)\right) \left\{k\omega(x,\varepsilon) + \omega^1_{r_0}(f,\varepsilon)\right\}$$

$$\le \ \omega(a,\varepsilon) + (kr_0 + F_1) \times \{\phi(r_0)N(\varepsilon) + K\omega(\varepsilon) + \phi(r_0)M(\varepsilon)\}$$

$$+ k\phi(r_0)\left\{k\omega(x,\varepsilon) + \omega^1_{r_0}(f,\varepsilon)\right\}. \qquad (21)$$

Отсюда мы имеем $(Qx,\varepsilon) \le \omega(a,\varepsilon) + (kr_0 + F_1)x\{\phi(r_0)N(\varepsilon) + K\omega(\varepsilon) + \phi(r_0)M(\varepsilon)\} +$

$$K\ \phi(r_0)\left\{k\omega(x,\varepsilon) + \omega^1_{r_0}(f,\varepsilon)\right\}. \qquad (22)$$

Следовательно, мы получаем следующее неравенство:

$$\omega(Qx,\varepsilon) \le \omega(a,\varepsilon) + (kr_0 + F_1)\{\phi(r_0)N(\varepsilon) + K\omega(\varepsilon) + \phi(r_0)M(\varepsilon)\}$$

$$+K\ \phi(r_0)\left\{k\omega(X,\varepsilon) + \omega^1_{r_0}(f,\varepsilon)\right\}. \qquad (23)$$

Теперь, принимая во внимание тот факт, что ω(ε) → 0, M(ε) → 0, и N(ε) → 0 при ε → 0, а также, что функция f равномерно непрерывна на множестве I × [-r_0, r_0], мы получаем из (23) следующую оценку:

$$\omega_0(QX) \le kK\phi(r_0)\omega_0(X). \qquad (24)$$

Из приведенной выше оценки, предположения (VIII) и теоремы 3 [5], мы приходим к выводу, что существует по крайней мере одна неподвижная точка x оператора Q в шаре B_{r_0}. Очевидно, что функция x= $x(t)$ является решением уравнения (1). Это завершает доказательство.

Для того, чтобы проиллюстрировать результат, содержащийся в теореме 1, мы приведем пример.

Пример 1. Рассмотрим следующее нелинейное интегральное уравнение типа Эрдели-Кобера:

$$x(t) = t\exp t + \frac{1}{\Gamma(1/2)}\int_0^t \frac{(4/3)s^{7/3}\left(t+\sin s^2+\sqrt[3]{x^2(s)}\right)}{\left(t^{4/3}-s^{4/3}\right)^{1/2}} ds, \qquad (25)$$

для $t \in I$ = [0, 1]. Во-первых, заметим, что это уравнение можно записать в виде

$$x\ (t) = a(t) + \frac{1}{\Gamma\ (\alpha)}\int_0^t \frac{ms^{m-1}s^p\ v\big(t,s,x\ (s)\big)}{(t^m - s^m)^{1-\alpha}} ds, \qquad (26)$$

где α, m, и p– положительные константы и $\alpha \in (0, 1)$. Кроме того, t∈I = [0, 1] (или I =[a, b]).

В самом деле, мы имеем

$$x(t) = t\exp t + \frac{1}{\Gamma(1/2)}\int_0^t \frac{(4/3)s^{1/3}s^2\left(t+\sin s^2+\sqrt[3]{x^2(s)}\right)}{(t^{4/3} - s^{4/3})^{1/2}} ds, \qquad (27)$$

Таким образом, (27) является частным случаем (26), если положить $a\ (t)$ = $t$exp$t$, α = 1/2, m = 4/3, p = 2, и

$$v(t,s,x) = t + \sin s^2 + x^{2/3}. \qquad (28)$$

Кроме того, заметим, что (27) можно рассматривать как частный случай интегрального уравнения Вольтерра-Стилтьеса (1), если принять во внимание тот факт, что функция $g = g(t, s)$, входящая в (1), имеет форму

$$g(t, s) = t^{\alpha m} - (t^m - s^m)^{\alpha},$$

то есть,

$$g(t,s) = t^{2/3} - \left(t^{4/3} - s^{4/3}\right)^{1/2} . \tag{29}$$

Нетрудно видеть, что такая функция $g(t, s)$ удовлетворяет предположениям (III) - (VI) теоремы 1. Кроме того, мы видим, что $f(t, x) \equiv 1$ и $|v(t,s,x)| \leq 2 + x^{2/3}$.
Таким образом, применяя теорему 1, мы можем принять, что $\varphi(r) = 2 + r^{2/3}$. Вывод утверждает, что (27) имеет решение в пространстве $C(I)$, принадлежащее шару B_4.

1. Красносельский М.А. и др. Интегральные операторы в пространствах суммируемых функций. М.:Наука, 1966.
2. Натансон И.П. Теория функций вещественной переменной. М.:Наука, 1974.
3. Канторович Л.В., Акилов Г.П. Функциональный анализ. М.:Наука, 1977.-744 с.
4. Bana´s J. and Zaja T. “A new approach to the theory of functional integral equations of fractional order” , *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 2011, vol. 375, no. 2, P. 375–387.

Аңдатпа. *Бұл мақалада Вольтерр-Стилтьес типті сызықты емес интегралдық теңдеулерге қатысты алынған кейбір нәтижелер қарастырылады. Вольтерр-Стилтьес типті сызықты емес интегралдық теңдеудің шешімдерінің бар болуы туралы теореманың дәлелденуі келтірілген. Туындататын сәйкес функцияны таңдаудан әртүрлі интегралдық теңдеулерді алуға мүмкіндіктер беріледі.*

Түйін сөздер: *Вольтерр-Чандрасекар, Эрдели-Кобер, Вольтерр-Винер-Хопф типті интегралдық теңдеулер.*

Abstract. *We are going to discuss some results concerning nonlinear Volterra-Stieltjes integral equations. We give the proof of the theorem on the existence of solutions of the integral equation of Volterra-Stieltjes. Selection of a suitable generating function allows you to get different kinds of integral equations.*

Keywords: *integral equations of Volterra-Chandrasekhar type, Volterra-Wiener-Hopf, Erdelyi-Kober.*

УДК 517.9

Н.К. Аширбаев[1], Е.А. Нысанов[1], Р.Б. Бекмолдаева[1], J. Banaś[2]

НЕЛИНЕЙНОЕ ИНТЕГРАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ ВОЛЬТЕРРА-СТИЛТЬЕСА И ЕГО ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ

([1] г. Шымкент, Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова,
[2]Department of Mathematics, Rzeszrow University of Technology, Poland)

Аннотация. *Нелинейные интегральные уравнения играют очень важную роль в приложениях математического анализа. В статье приведены результаты исследования нелинейного интегрального уравнения Вольтерра-Стилтьеса. Также рассмотрены интегральные уравнения типа Вольтерра-Чандрасекара, типа Вольтерра-Винера-Хопфа и* *типа Эрдели-Кобера. Нами показаны результаты исследования уравнений Вольтерра-Стилтьеса и его частные случаи.*

Ключевые слова: *интегральные уравнения типа Вольтерра-Чандрасекара, Вольтерра-Винера-Хопфа, Эрдели-Кобера.*

1. Введение. В теории интегральных уравнений и их многочисленных приложениях можно встретить несколько классов интегральных уравнений, имеющих важное значение. Этот факт связан в основном с приложениями упомянутых классов интегральных уравнений к описанию нескольких событий реального мира, которые появляются в технике, механике, физике, математической физике, электрохимии, биоинженерии, пористых средах, вязкоупругости, теории управления, теории переноса, кинетической теории газов, радиационной передаче, и других важных отраслях точной науки и прикладной математики [1-4].

Выделим и опишем некоторые важные классы нелинейных интегральных уравнений, указанных выше. Первый класс, который мы собираемся представить, это класс так называемых квадратичных интегральных уравнений типа Вольтерра-Чандрасекара, приведенные в исследованиях [1, 5]. Интерес к изучению этих интегральных уравнений был инициирован в 1950 году известным астрофизиком Чандрасекаром, который исследовал следующее интегральное уравнение:

$$x\,(t) = l + x(t)\int_0^1 \frac{t}{t+s}\,\varphi\,(s)x\,(s)ds \tag{1}$$

являющееся так называемым квадратичным (нелинейным) интегральным уравнением и называющееся *интегральным уравнением Чандрасекара*.

В настоящее время, интегральное уравнение (1) было обобщено в нескольких направлениях, но в целом исследуются два основных типа обобщений (1), а именно, *квадратичное интегральное уравнение типа Фредгольма-Чандрасекара*

$$x\,(t) \;= a(t) \;+ f(t,x\,(s))\int_0^a \frac{V\big(t,s,x\,(s)\big)}{t+s}ds \tag{2}$$

и *квадратичное интегральное уравнение типа Вольтерра-Чандрасекара*

$$x\,(t) \;= a(t) \;+ f(t,x\,(t))\int_0^t \frac{V(t,s,x\,(s))}{t+s}ds. \tag{3}$$

Мы сосредоточимся на интегральных уравнениях, имеющих вид (3), то есть на нелинейных интегральных уравнений типа Вольтерра-Чандрасекара. Второй класс нелинейных интегральных уравнений, который будет обсуждаться, это класс так называемых *нелинейных интегральных уравнений дробного порядка*. Такие уравнения имеют вид

$$x\,(t) \;= a(t) \;+ \frac{f\,(t,x\,(t))}{\Gamma\,(\alpha)}\int_a^t \frac{V(t,s,x\,(s))}{(t-s\,)^{1-\alpha}}ds, \tag{4}$$

где $\alpha \in (0,1)$ – фиксированное число, а $\Gamma\,(\alpha)$ - гамма-функция.

Заметим, что формула (4) так называемое сингулярное интегральное уравнение типа Абеля. Эти уравнения были очень интенсивно исследованы в течение последних трех десятилетий, и нашли огромное количество приложений. Математики, работающие в области теории интегральных уравнений дробного порядка, написали несколько статей и монографий, посвященных этим уравнениям [6,7].

Следующий, третий класс нелинейных интегральных уравнений, который мы хотели бы представить связан с так называемыми нелинейными интегральными уравнениями типа Вольтерра-Винера-Хопфа. Такие уравнения являются особыми случаями интегральных уравнений с ядрами, зависящими от разности аргументов, и они также играют очень важную роль в приложениях [8].

Интегральное уравнение Вольтерра-Винера-Хопфа имеет форму

$$x\,(t) = a(t) + \int_0^t k\,(t-s\,)V\big(s, x\,(s)\big)ds, \tag{5}$$

где $t \in R_+ = [0, \infty)$ или $t \in [0, T]$ при $T>0$.

Теперь опишем четвертый класс нелинейных интегральных уравнений, являющихся объектом нашего исследования, а также в последнее время очень интенсивно исследующихся в связи с их многочисленными приложениями [9]. Этот класс включает интегральные уравнения, называемые *нелинейными интегральными уравнениями Эрдели-Кобера* и имеющих вид

$$x\,(t) \ = a(t) \ + \frac{1}{\Gamma\,(\alpha)}\int_0^t \frac{ms^{m-1}s^p\,V(t,s,x\,(s))}{(t^m\ - s^m)^{1-\alpha}}ds, \tag{6}$$

где $\alpha, m,$ и p– положительные константы и $\alpha \in (0, 1)$. Кроме того, $t \in I = [0, 1]$ (или $I = [a, b]$).

Очевидно, что интегральное уравнение типа Эрдели-Кобера создает обобщение интегрального уравнения дробного порядка (4). Действительно, полагая в (6) $m = 1$ и с учетом фактора s^p в функции V (t, s, x), получаем (4) с $f\,(t, x) \equiv 1$.

Наша цель в данной статье – показать, что все четыре класса нелинейных интегральных уравнений (3) - (6) можно рассматривать с одной точки зрения. Точнее, мы показываем, что с помощью нелинейных интегральных уравнений Вольтерра-Стилтьеса мы можем объединить все эти классы таким образом, что они станут частными случаями упомянутых интегральных уравнений Вольтерра-Стилтьеса.

Статья имеет обзорный характер и основывается на результатах.

2. Обозначения, определения и вспомогательные результаты

В этом разделе, мы приводим обозначения, определения и вспомогательные результаты, которые будут необходимы в наших дальнейших рассуждениях. Во-первых, были названы несколько фактов, касающихся функций с ограниченным изменением [11]. Таким образом, предположим, что x является действительной функцией, определенной на отрезке $[a, b]$. Тогда символ $\bigvee_a^b x$ обозначает изменение функции x на отрезке $[a, b]$. Если $\bigvee_a^b x < \infty$, то говорим, что x с ограниченным изменением на $[a, b]$. Аналогичным образом, если у нас есть функция

$u\,(t, s) = u\colon [a, b] \times [c, d] \to R,$

то обозначим через $\bigvee_{t\,=\,p}^q u\,(t, s)$ изменение функции $t \to u\,(t, s)$ на отрезке $[p, q] \subset [a, b]$, где s является фиксированным числом в $[c,d]$.

Аналогичным образом, мы определяем величину $\bigvee_{s\,=\,p}^q u\,(t, s)$.

Теперь предположим, что x и φ – две вещественные функции, определенные на отрезке $[a, b]$. Тогда мы можем определить интеграл Стилтьеса (в смысле Римана-Стилтьеса)

$$\int_a^b x\,(t)\,d\varphi\,(t), \tag{7}$$

при соответствующих предположениях о функциях x и φ [11]. Например, если мы потребуем, что x непрерывна и φ имеет ограниченное изменение на $[a, b]$, то интеграл Стилтьеса (7) существует.

Отметим, что в наших рассуждениях мы будем часто использовать следующие две важные леммы.

Лемма 1. Если x является интегрируемой по Стилтьесу на отрезке $[a,\ b]$ по отношению к функции φ с ограниченным изменением, то выполняется следующее неравенство:

$$\left|\int_a^b x\,(t)\,d\varphi\,(t)\right| \leq \int_a^b |x\,(t)|\,d(\bigvee_a^t \varphi). \qquad (8)$$

Лемма 2. Пусть x_1, x_2 интегрируемые функции по Стилтьесу на отрезке $[a,\ b]$ по отношению к неубывающей функции φ, так что $x_1\ (t) \leq x_2\ (t)$ для $t\in\ [a,\ b]$. Тогда выполняется

$$\int_a^b x_1(t)d\varphi\,(t)\ \leq\ \int_a^b x_2(t)d\varphi\,(t). \qquad (9)$$

Очевидно, что подобным образом мы также можем рассмотреть интегралы Стилтьеса вида

$$\int_a^b x\,(s)\,d_s g\,(t,s), \qquad (10)$$

где g: $[a,\ b] \times [a,\ b] \rightarrow$ R и символ ds указывает на интегрирование по s. Подробности относительно интеграла этого типа будут даны позже.

Теперь предположим, что x является вещественной функцией, определенной на отрезке $[a,\ b]$. Обозначим через $\omega(x,\ \varepsilon)$ модуль непрерывной функции x, определенной по формуле

$$\omega\ (x,\ \varepsilon) = \sup\{|x\ (t) - x(s)| : t,\ s\in [a,\ b]\ ,\ |t-s\ | \leq\varepsilon\ \} \qquad (11)$$

Аналогично, если $p(t,\ s) = p : [a,\ b] \times [c,\ d] \rightarrow$ R, то мы можем определить модуль непрерывной функции $p\ (t,\ s)$ по каждой переменной в отдельности. Например,

$$\omega\ (p(t,\cdot),\varepsilon) = sup\{|p\ (t,u) - p(t,V)|\ :\ u,V\ \in\ [c,d], |u - V| \leq\ \varepsilon\}, \qquad (12)$$

где t– фиксированное число на отрезке $[a,\ b]$.

Ниже рассмотрены некоторые факты, касающиеся мер некомпактности, которые будут использоваться в дальнейшем.

Для этого предположим, что E является бесконечномерным банаховым пространством с нормой ‖ · ‖ и нулевым элементом θ. Обозначим через $B(x,\ r)$ замкнутый шар с центром в x и радиуса r. Символ B_r будет обозначать шар $B(\theta,\ r)$.

Для данного непустого ограниченного подмножества X из E обозначим через $\chi\ (X)$ так называемую меру некомпактности Хаусдорфа множества X [12]. Эта величина определяется по формуле

$$\chi\ (X) = \inf\ \{\varepsilon>0\text{: } X \text{ имеет конечную } \varepsilon\text{–окрестность в } E\}. \qquad (13)$$

Отметим, что функция χ имеет несколько полезных свойств и часто применяется в нелинейном анализе [12]. Очевидно, что понятие меры некомпактности может быть определено в более общем виде, но для наших целей мера некомпактности Хаусдорфа, определенная по формуле (13), будет вполне достаточной.

Действительно, в наших дальнейших рассуждениях мы будем работать в банаховом пространстве $C(I)$, состоящем из вещественных функций, определенных и непрерывных на отрезке $I = [a,\ b]$ с стандартной нормой максимума. Если X является непустым и ограниченным подмножеством $C(I)$, то мера некомпактности Хаусдорфа для X может быть выражена формулой

$$\chi\,(X)\ = \frac{1}{2}\omega_0\,(X)\,, \qquad (14)$$

где

$$\omega_0(X) =\ \lim_{\varepsilon\rightarrow 0} \omega(X,\varepsilon), \qquad (15)$$

и символ $\omega(X, \varepsilon)$ обозначает модуль непрерывного множества X, определенный следующим образом:

$$\omega(X, \varepsilon) = \sup\{\omega(x, \varepsilon) : x \in X\}. \tag{16}$$

В наших дальнейших рассуждениях мы будем использовать теорему о неподвижной точке типа Darbo, которая формулируется ниже:

Теорема 3. Пусть Ω – непустое, ограниченное, замкнутое и выпуклое подмножество пространства E и пусть Q: $\Omega \to \Omega$ – непрерывное отображение такое, что существует постоянная $k \in [0, 1)$, для которой $\chi(QX) \leq k\chi(X)$ для произвольного непустого подмножества X из Ω. Тогда Q имеет по крайней мере одну неподвижную точку в множестве Ω.

Далее, были рассмотрены некоторые факты, касающиеся так называемого оператора суперпозиции [13]. Для этого предположим, что $I = [a, b]$ и f: $[a, b] \times \mathrm{R} \to \mathrm{R}$ – данная функция. Тогда к любой функции x: $I \to \mathrm{R}$ мы можем сопоставить функцию Fx, определенную формулой

$$(Fx)(t) = f(t, x(t)), \tag{17}$$

для $t \in I$. Оператор F, определенный таким образом, называется оператором суперпозиции, порожденным функцией $f = f(t, x)$. Для наших дальнейших целей нам потребуется следующий результат о поведении оператора суперпозиции F в пространстве $C(I)$ [13].

Лемма 4. Оператор суперпозиции F, определенный (17), переводит пространство $C(I)$ в себя и непрерывен тогда и только тогда, когда функция f, порождающая оператор F, непрерывна на множестве $I \times \mathrm{R}$.

3. Нелинейное интегральное уравнение Вольтерра-Стилтьеса и его частные случаи

Рассмотрим следующее нелинейное интегральное уравнение Вольтерра-Стилтьеса:

$$x(t) = a(t) + \frac{f(t, x(t))}{\Gamma(\alpha)} \int_0^t V(t, s, x(s))\, d_s g(t, s), \tag{18}$$

где $t \in I = [0, 1]$ и $\Gamma(\alpha)$ - гамма-функция. Кроме того, α является фиксированным числом из интервала (0, 1). Заметим, что отрезок [0, 1] можно заменить любым отрезком $[a, b]$.

Теперь мы покажем, что интегральное уравнение (18) объединяет все ранее рассмотренные интегральные уравнения (3) - (6).

В начале обозначим через Δ треугольник

$$\Delta = \{(t, s) : 0 \leq s \leq t \leq 1\}, \tag{19}$$

и рассмотрим функцию $g(t, s) = g$: $\Delta \to \mathrm{R}$, определенную следующим образом:

$$g(t, s) = \begin{cases} t \ln \dfrac{t+s}{t} & \text{для } 0 < s \leq t \\ 0 & \text{для } t = 0. \end{cases} \tag{20}$$

Легко видеть, что вышеприведенная функция $g(t, s)$ непрерывна на треугольнике Δ. С другой стороны, мы получаем

$$d_s g(t, s) = \left(\frac{\partial g(t, s)}{\partial s}\right) ds = \frac{t}{t+s}\, ds. \tag{21}$$

Таким образом, мы видим, что интегральное уравнение типа Вольтерра-Чандрасекара (3) (или (1), в простейшем случае) можно рассматривать как частный случай (18).

Далее рассмотрим функцию $g(t, s)$, определенную по формуле

$$g(t, s) = \frac{1}{\alpha}\left[t^\alpha - (t - s)^\alpha\right], \tag{22}$$

где $(t, s) \in \Delta$. Очевидно, мы имеем

$$d_s g(t,s) = \frac{1}{(t-s)^{1-\alpha}}\, ds, \tag{23}$$

которое показывает, что интегральное уравнение дробного порядка (4) также частный случай (18).

Чтобы показать, что интегральное уравнение Вольтерра-Винера-Хопфа (5) является особым случаем (18), рассмотрим функцию $g(t, s)$, определенную по формуле

$$g(t,s) = \int_0^s k\,(t-z\,)dz, \tag{24}$$

при соответствующих предположениях на функцию $k = k\,(u)$. Очевидно, что у нас есть

$$d_s g(t,s) = \frac{\partial}{\partial s}\left(\int_0^s k\,(t-z\,)dz\right)ds = \quad k\,(t-s\,)ds, \tag{25}$$

и мы видим, что (5) на самом деле является частным случаем (18).

Наконец примем во внимание нелинейное интегральное уравнение Эрдели-Кобера (6). Тогда, полагая

$$g(t,s) = t^{\,\alpha m} - (t^m - s^m)^{\alpha}, \tag{26}$$

для $(t, s) \in \Delta$, мы имеем, что

$$d_s g(t,s) = \frac{\alpha m s^{m-1}}{(t^m - s^m)^{1-\alpha}}\, ds. \tag{27}$$

Мы видим, что интегральное уравнение (6) также является частным случаем (18).

4. Заключение. Таким образом, результаты исследования некоторых важных классов нелинейных интегральных уравнений, таких как интегральные уравнения типа Вольтерра-Чандрасекара, квадратичные интегральные уравнения дробного порядка, нелинейные интегральные уравнения типа Вольтерра-Винера-Хопфа и нелинейные интегральные уравнения типа Эрдели-Кобера играют очень важную роль в приложениях к описанию многочисленных реальных событий. Нами показаны, что упомянутые интегральные уравнения можно рассматривать с точки зрения нелинейных интегральных уравнений Вольтерра-Стилтьеса, что они являются частными случаями нелинейных интегральных уравнений Вольтерра-Стилтьеса.

1 Chandrasekhar S., Radiative Transfer, Oxford University Press, London, UK, 1950.
2 Copson E. T. On an integral equation arising in the theory of diffraction. The Quarterly Journal of Mathematics, 1946, vol. 17, P.19–34.
3 Corduneanu C. Integral Equations and Applications, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1991.
4 Garg M., Rao A., and Kalla S. L. Fractional generalization of temperature field problem in oil strata, Matematichki Bilten, 2006, no.30, P. 71–84.
5 Hu S., Khavanin M. and Zhuang W. Integral equations arising in the kinetic theory of gases, Applicable Analysis, 1989, vol. 34, no.3-4, P. 261–266.
6 Kilbas A. A., Srivastava H. M. and Trujillo J. J. Theory and Applications of Fractional Differential Equations, Elsevier Science, Amsterdam, Netherlands,2006, vol. 204.
7 Saxena R. K. and Kalla S. L. On a fractional generalization of the free electron laser equation, Applied Mathematics and Computation, 2003, vol. 143, no.1, P. 89–97.
8 Zabrejko P.P., Koshelev A. I., Krasnosel'skii M.A., Mikhlin S. G., Rakovschik L. S. and Stetsenko J. Integral Equations, Nordhoff, Leyden, Mass, USA, 1975.
9 Alamo J. A. and Rodriguez J. Operational calculus for modified Erd´elyi-Kober operators, Serdica. BulgaricaeMathematicae Publicationes, 1994, vol. 20, no. 3-4, P.351–363.
10 Bana´s J. and Zaja T. A new approach to the theory of functional integral equations of fractional order, Journal of Mathematical Analysis and Applications, 2011, vol. 375, no. 2, P.375–387.

11 Appell J., Bana´s J. and Merentes N. Bounded Variation and Around, 2014, vol. 17 of Series in Nonlinear Analysis and Applications, Walter de Gruyter, Berlin , Germany.
12 Bana´s J. and Goebel K., Measures of noncompactness in Banach spaces, 1980, vol. 60 of LectureNotes in Pure and AppliedMathematics, Marcel Dekker, New York, NY, USA.
13 Appell J. and Zabrejko P. P., Nonlinear Superposition Operators, 1990,vol. 95 of Cambridge Tracts in Mathematics, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Аңдатпа. *Бұл мақалада сызықты емес интегралдық теңдеулер қарастырылған, атап айтқанда, Вольтерр-Чандрасекар типті, Вольтерр-Винер-Хопф типті және Эрдели-Кобер типті теңдеулер. Бұл интегралдық теңдеулер өмірде кездесетін көптеген нақты жағдайлар үшін математикалық талдаудың қолданысын ашады. Біз осы мақалада жоғарыда келтірілген интегралдық теңдеулерді Вольтерр-Стилтьес типті сызықтық емес интегралдық теңдеулер тұрғысынан қарастырып, олар дербес жағдайлар екендігін анықтадық.*
Түйін сөздер: *Вольтерр-Чандрасекар, Эрдели-Кобер, Вольтерр-Винер-Хопф типті интегралдық теңдеулер.*

Abstract. *Here are the results of the study of integral equations of Volterra type-Chandrasekhar, Volterra-Wiener-Hopf integral equations, and nonlinear type Erdelyi-Kober. These integral equations have a very important role in the application of mathematical analysis. We regarded nonlinear integral equation of Volterra-Stieltjes and particular cases*
Keywords: *integral equations of Volterra-Chandrasekhar type, Volterra-Wiener-Hopf, Erdelyi-Kober.*

УДК 517.958:532.546
Д.Ж. Ахмед-Заки, С.Т. Мухамбетжанов, Т.С. Иманкулов

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ЗАВОДНЕНИЯ НЕФТЯНЫХ ПЛАСТОВ: ПАВ-ПОЛИМЕР

(г. Алматы, Казахский национальный университет имени аль-Фараби)

Аннотация. *В данной статье рассматривается применение явных и неявных разностных схем для численного решения трехмерной задачи вытеснения нефти путем закачки полимера и поверхностно-активного вещества (ПАВ) в нефтяной пласт с учетом температурных эффектов. Математическая модель заводнения полимера/ПАВ состоит из: уравнения баланса для водной и нефтяной фазы, уравнения движения, уравнения переноса полимера/ПАВ/соли и уравнения теплопереноса. Получены распределения основных параметров и сравнены результаты вычисления при использовании явной и неявной схемы. Показана эффективность применения гибридной технологии воздействия на пласт.*
Ключевые слова: *коэффициент извлечения нефти, поверхностно-активное вещество, полимер, комбинированное заводнение, неявная схема.*

Введение. В настоящее время одним из эффективных методов для разработки месторождения являются химические методы увеличения нефтеотдачи пластов. При использовании таких методов для вытеснение нефти из пластов пользуются химическими реагентами, такие, как полимеры, поверхностно-активные вещества (ПАВ), щелочные растворы, кислоты и т.д. Подобные методы применяются для увеличения коэффициента извлечения нефти (КИН) из истощенных нефтяных пластов с высокой обводненностью.

При использовании метода увеличения нефтеотдачи путем закачки ПАВ снижается поверхностное натяжение на границе «нефть-вода». Улучшается смачиваемость породы водой и увеличивается коэффициент вытеснения нефти [1]. Метод закачки полимера служит для повышения охвата пласта водой путем повышения вязкости вытесняемой воды [2, 3]. Одним из наиболее эффективных методов является комбинированное заводнение пластов водорастворимыми полимерами и ПАВ. Исследовании показывают, что при использовании данного метода можно добиться большей эффективности вытеснения [4, 5].

При численном решении подобных задач, исключительно важную роль играют вычислительные методы. Развитие вычислительной техники дает возможность использовать методы, которые считались недоступными несколько лет назад.

Цель данной работы заключается в решение трехмерной задачи вытеснения нефти с использованием комбинированного метода заводнения (полимер + ПАВ) с учетом солености пластовой воды и изменения температуры в пласте.

Математическая модель. Уравнение сохранения масс для водной и нефтяной фазы [6]:

$$m\frac{\partial S_w}{\partial t} + div(\vec{v}_w) = q_1 \quad (1)$$

$$m\frac{\partial S_o}{\partial t} + div(\vec{v}_o) = q_2 \quad (2)$$

$$S_w + S_o = 1$$

$$\vec{v}_i = -K_0\frac{f_i(s)}{\mu_i}\nabla P, \ \ i = w, o \quad (3)$$

где m – пористость пласта, S_w, S_o - насыщенности воды и нефти, q_1, q_1 - источник или сток, $\vec{v}_w, \vec{v}_o$ – скорости фильтрации, $f_i(s)$ – относительные фазовые проницаемости, μ_i - вязкости водной и нефтяной фазы соответственно, K_0 – абсолютная проницаемость.

Уравнение для распределения концентрации полимера, ПАВ и соли записываются в следующем виде:

$$m\frac{\partial}{\partial t}\left(c_p s_w\right) + \frac{\partial a_p}{\partial t} + div\left(v_w c_p\right) = div\left(mD_{pw}s_w\nabla c_p\right) \quad (4)$$

$$m\frac{\partial}{\partial t}(c_{sw}s_w + c_{so}s_o) + \frac{\partial a_{surf}}{\partial t} + div(v_w c_{sw} + v_o c_{so}) = div(mD_{sw}s_w\nabla c_{sw} + mD_{so}s_o\nabla c_{so}) \quad (5)$$

$$m\frac{\partial}{\partial t}(c_s s_w) + div(v_w c_s) = 0 \quad (6)$$

где c_p – концентрация полимера в водной фазе, a_p – функция адсорбции полимера, D_{pw} - коэффициент диффузии полимера, $c_{sw,}\ c_{so}$ – концентрация ПАВ в водной и нефтяной фазе, a_{surf} – функция адсорбции ПАВ, D_{sw}, D_{so} - коэффициенты диффузии ПАВ, c_s – концентрация соли в водной фазе.

Уравнение теплопереноса описывается уравнением следующего вида:

$$\frac{\partial}{\partial t}[((1-m)C_r\rho_r + m(C_w s_w\rho_w + C_o s_o\rho_o))T] + div(\rho_w C_w v_w T) + div(\rho_o \boldsymbol{C}_o v_o T) = div\left[\left((1-m)\lambda_0 + m(\lambda_1 s_w + \lambda_2 s_o)\right)\nabla T\right] \quad (7)$$

где C_w, C_o, C_r – удельная теплоемкость воды, нефти и породы ρ_w, ρ_o, ρ_r – плотности воды, нефти и породы, $\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2$ – коэффициенты теплопроводности.

С учетом влияния температуры зависимости вязкостей фаз от концентрации соли, ПАВ и полимера можно записать в следующем виде [7]:

$$\mu_a = \mu_w\left[1 + (\gamma_1 c_p + \gamma_2 c_p^2 + \gamma_3 c_{sw} + \gamma_4 c_{sw}^2)c_s^{\gamma_5} - \gamma_6(T - T_p)\right]$$

$$\mu_o = \mu o_o\left[1 - \gamma_7(T - T_p)\right]$$

где $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \gamma_5, \gamma_6, \gamma_7$ – безразмерные константы, μo_o — начальная вязкость нефтяной фазы, T_p — температура пласта.

Относительные фазовые проницаемости, количество адсорбированного полимера и ПАВ и коэффициент уменьшения проницаемости R_k [8] берутся соответственно следующим образом:

$$f_w(S_w) = S_w^{3.5}; \quad f_o(S_w) = (1 - S_w)^{3.5}$$

$$a = \frac{bc_p}{1+bc_p} \text{ (закон Ленгмюра)} \tag{8}$$

$$R_k = 1 + (R_{RF} - 1)a$$

где $b -$ константа Ленгмюра, R_{RF}- остаточный фактор сопротивления.

Следует отметить, что просуммировав уравнение (1) и (2), получим уравнение для давления:

$$div(\vec{v}_w) + div(\vec{v}_o) = q_1 + q_2 \tag{9}$$

Таким образом, требуется найти функций $\{P, s_i, V_i, c_p, c_{sw}, a, c_s, T\}$, соответственно давление, насыщенность воды, скорость течения, концентрации полимера / ПАВ/ соли, функция адсорбции и температура удовлетворяющие соотношениям (1) – (9), начальными:

$$\begin{gathered} s_w|_{t=0} = s_{w0}, \\ c_{pw}\big|_{t=0} = c_{p0}, \ a_p\big|_{t=0} = a_{p0}, \\ c_{sw}|_{t=0} = c_{sw0}, \ \ c_{so}|_{t=0} = c_{so0}, \ a_{surf0}\big|_{t=0} = a_{surf0} \\ c_s|_{t=0} = c_{s0}, \ \ T|_{t=0} = T_p \end{gathered} \tag{10}$$

и граничными условиями:

$$\begin{gathered} \left.\frac{\partial s_w}{\partial n}\right|_{\partial\Omega} = 0; \ \left.\frac{\partial P}{\partial n}\right|_{\partial\Omega} = \gamma \cdot V_p; \quad \left.\frac{\partial T}{\partial n}\right|_{\partial\Omega} = \gamma \cdot V_t; \\ -D\frac{\partial c_{pw}}{\partial n} + \vec{v}_{1n} \cdot c_{pw}\Big|_{\partial\Omega} = q_n \cdot \tilde{c}_{pw}; \\ -D\frac{\partial c_{sw}}{\partial n} + \vec{v}_{1n} \cdot c_{sw}\Big|_{\partial\Omega} = q_n \cdot \tilde{c}_{sw}; \quad \frac{\partial c_s}{\partial n} + \vec{v}_{1n} \cdot c_s\Big|_{\partial\Omega} = 0; \end{gathered} \tag{11}$$

где $\partial\Omega$- граница расчетной области.

Вычислительный метод. Для решения системы уравнении (1) – (9) использовались следующие методы [6, 9]:

–Явный итерационный метод Якоби (схема «крест»);

–Неявный метод дробных шагов (схема стабилизирующей поправки).

Сначала задаются начальное значение насыщенности нефти, забойное и пластовое давление, свойства жидкостей. Далее, расчеты ведутся по следующему порядку:

–рассчитывается распределение давления;

–по известному распределению давлении находится насыщенность;

–распределение концентрации полимера/ПАВ/соли;

–распределение температуры;

–пересчитывается вязкость водной фазы, зависящая от температуры и концентрации полимера, ПАВ и соли;

–пересчитывается проницаемость по водной фазе с учетом адсорбции полимера.

Уравнение (9) можно записать в виде:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(M_x\frac{\partial P}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(M_y\frac{\partial P}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(M_z\frac{\partial P}{\partial z}\right) = -lq(x,y,z) \cdot (P - P_{bhp}) \cdot \frac{2\pi \cdot M(x,y,z)}{\log(\frac{R}{rc})} \tag{12}$$

$$M(x,y,z) = K_0\frac{f_1(s)}{\mu_1} + K_0\frac{f_2(s)}{\mu_2}$$

$$M_x = K_{0x}\frac{f_1(s)}{\mu_1} + K_{0x}\frac{f_2(s)}{\mu_2}$$

$$M_y = K_{0y}\frac{f_1(s)}{\mu_1} + K_{0y}\frac{f_2(s)}{\mu_2}$$

$$M_z = K_{0z}\frac{f_1(s)}{\mu_1} + K_{0z}\frac{f_2(s)}{\mu_2}$$

Явная схема. Разностный вид уравнения для давления (9) имеет следующий вид:

$$\Bigg((M_x)_{i+\frac{1}{2}jk}\frac{P^n_{i+1jk}-P^{n+1}_{ijk}}{h_1^2} - (M_x)_{i-\frac{1}{2}jk}\frac{P^{n+1}_{ijk}-P^n_{i-1jk}}{h_1^2} + \left(M_y\right)_{ij+\frac{1}{2}k}\frac{P^n_{ij+1k}-P^{n+1}_{ijk}}{h_2^2} -$$

$$-\left(M_y\right)_{ij-\frac{1}{2}k}\frac{P^{n+1}_{ijk}-P^n_{ij-1k}}{h_2^2} + (M_z)_{ijk+\frac{1}{2}}\frac{P^n_{ijk+1}-P^{n+1}_{ijk}}{h_3^2} - (M_z)_{ijk-\frac{1}{2}}\frac{P^{n+1}_{ijk}-P^n_{ijk-1}}{h_3^2}\Bigg) = 0$$

Откуда нетрудно получить следующее:

$$P^{n+1}_{ijk} = \frac{MPs}{Ms}$$

$$MPs = (M_x)_{i+\frac{1}{2}jk}P^n_{i+1jk} + (M_x)_{i-\frac{1}{2}jk}P^n_{i-1jk} +$$

$$+\left(M_y\right)_{ij+\frac{1}{2}k}P^n_{ij+1k} + \left(M_y\right)_{ij-\frac{1}{2}k}P^n_{ij-1k} + (M_z)_{ijk+\frac{1}{2}}P^n_{ijk+1} + (M_z)_{ijk-\frac{1}{2}}P^n_{ijk-1}$$

$$Ms = (M_x)_{i+\frac{1}{2}jk} + (M_x)_{i-\frac{1}{2}jk} + \left(M_y\right)_{ij+\frac{1}{2}k} + \left(M_y\right)_{ij-\frac{1}{2}k} + +(M_k)_{ijk+\frac{1}{2}} + (M_z)_{ijk-\frac{1}{2}}$$

где значение давления просчитывается до того момента, для которого выполняется условие

$$\sqrt{\sum_{k=1}^{N}\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}\left(P^{n+1}_{ijk} - P^n_{ijk}\right)^2} < \varepsilon$$

Тогда, для решения в уравнение насыщенности воды (1) подставляется значение давления на этом слое. Запишем разностную схему для уравнения насыщенности воды в трехмерной сетке:

$$m\frac{(s_w)^{n+1}_{ijk}-(s_w)^n_{ijk}}{\tau} = ((k_1)_{i+\frac{1}{2}jk}\frac{P^n_{i+1jk}-P^n_{ijk}}{h_1^2} - (k_1)_{i-\frac{1}{2}jk}\frac{P^n_{ijk}-P^n_{i-1jk}}{h_1^2} +$$

$$+(k_1)_{ij+\frac{1}{2}k}\frac{P^n_{ij+1k}-P^n_{ijk}}{h_2^2} - (k_1)_{ij-\frac{1}{2}k}\frac{P^n_{ijk}-P^n_{ij-1k}}{h_2^2}) -$$

$$+(k_1)_{ijk+\frac{1}{2}}\frac{P^n_{ijk+1}-P^n_{ijk}}{h_3^2} - (k_1)_{ijk-\frac{1}{2}}\frac{P^n_{ijk}-P^n_{ijk-1}}{h_3^2})$$

Откуда получим,

$$(s_w)^{n+1}_{ijk} = (s_w)^n_{ijk} + \frac{\tau}{m}(((k_1)_{i+\frac{1}{2}jk}\frac{P^n_{i+1jk}-P^n_{ijk}}{h_1^2} - (k_1)_{i-\frac{1}{2}jk}\frac{P^n_{ijk}-P^n_{i-1jk}}{h_1^2} +$$

$$+(k_1)_{ij+\frac{1}{2}k}\frac{P^n_{ij+1k}-P^n_{ijk}}{h_2^2} - (k_1)_{ij-\frac{1}{2}k}\frac{P^n_{ijk}-P^n_{ij-1k}}{h_2^2} + (k_1)_{ijk+\frac{1}{2}}\frac{P^n_{ijk+1}-P^n_{ijk}}{h_3^2} -$$

$$-(k_1)_{ijk-\frac{1}{2}}\frac{P^n_{ijk}-P^n_{ijk-1}}{h_3^2}))$$

Коэффициенты $(k_1)_{i+\frac{1}{2}j}, (k_1)_{i+\frac{1}{2}j}, (k_1)_{ij+\frac{1}{2}}, (k_1)_{ij-\frac{1}{2}}$ выбираются в направлении противоположным направлению флюида («против потока»).

Разностный вид уравнения концентрации ПАВ:

$$m\frac{U^{n+1}_{ijk}-U^n_{ijk}}{\tau} =$$

$$= R_2\left(D_{i+\frac{1}{2}jk}\frac{c^n_{i+1jk}-c^n_{ijk}}{h_1^2} - D_{i-\frac{1}{2}jk}\frac{c^n_{ijk}-c^n_{i-1jk}}{h_1^2} + D_{ij+\frac{1}{2}k}\frac{c^n_{ij+1k}-c^n_{ijk}}{h_2^2} -\right.$$

$$\left.-D_{ij-\frac{1}{2}k}\frac{c^n_{ijk}-c^n_{ij-1k}}{h_2^2} + D_{ijk+\frac{1}{2}}\frac{c^n_{ijk+1}-c^n_{ijk}}{h_3^2} - D_{ijk-\frac{1}{2}}\frac{c^n_{ijk}-c^n_{ijk-1}}{h_3^2}\right) - -\left(\frac{(uc)^n_{i+1/2jk}-(uc)^n_{i-1/2jk}}{h_1} +\right.$$

$$\frac{(vc)^n_{ij+1/2k}-(vc)^n_{ij-1/2k}}{h_2} + \frac{(vc)^n_{ijk+1/2}-(vc)^n_{ijk-1/2}}{h_3} + + \frac{(u\varphi(c))^n_{i+1/2jk}-(u\varphi(c))^n_{i-1/2jk}}{h_1} +$$

$$\left.\frac{(v\varphi(c))^n_{ij+1/2k}-(v\varphi(c))^n_{ij-1/2k}}{h_2} + + \frac{(v\varphi(c))^n_{ijk+1/2}-(v\varphi(c))^n_{ijk-1/2}}{h_2}\right)$$

$$U^{n+1}_{ijk} = m\left(c^{n+1}_{ijk}s^{n+1}_{ijk} + \varphi(c^{n+1}_{ijk})(1 - s^{n+1}_{ijk})\right) + R_1 a^{n+1}_{ijk}$$

$$(c_{ijk}^{n+1})^{q+1} = (c_{ijk}^{n+1})^q + \frac{U_{ijk}^{n+1} - m\left((c_{ijk}^{n+1})^q s_{ijk}^{n+1} + \varphi(c_{ijk}^{n+1})^q (1 - s_{ijk}^{n+1})\right) - R_1 a (c_{ijk}^{n+1})^q}{m\left(s_{ijk}^{n+1} + \varphi'(c_{ijk}^{n+1})(1 - s_{ijk}^{n+1})\right) + (a'(c_{ijk}^{n+1})^q)}$$

Аналогичным путем выписываются разностные аналоги уравнении концентрации полимера, соли и температуры.

Условная устойчивость явных схем часто приводит к уменьшению шага по времени, что на практике не выгодно с точки зрения времени расчета.

Неявная схема. В качестве неявного метода был выбран безусловно устойчивый метод дробных шагов. Запишем трехшаговую схему стабилизирующей поправки для уравнения давления (9):

$$\frac{P_{i,j,k}^{*} - P_{i,j,k}^{n}}{\frac{\tau}{3}} = \frac{Mx_{i+1,j,k} + Mx_{i,j,k}}{2} \frac{P_{i+1,j,k}^{*} - P_{i,j,k}^{*}}{\Delta x^2} - \frac{Mx_{i-1,j,k} + Mx_{i,j,k}}{2} \frac{P_{i,j,k}^{*} - P_{i-1,j,k}^{*}}{\Delta x^2} +$$
$$+ \frac{My_{i,j+1,k} + My_{i,j,k}}{2} \frac{P_{i,j+1,k}^{n} - P_{i,j,k}^{n}}{\Delta y^2} - \frac{My_{i,j-1,k} + My_{i,j,k}}{2} \frac{P_{i,j,k}^{n} - P_{i,j-1,k}^{n}}{\Delta y^2}$$
$$+ \frac{Mz_{i,j,k+1} + Mz_{i,j,k}}{2} \frac{P_{i,j,k+1}^{n} - P_{i,j,k}^{n}}{\Delta z^2} - \frac{Mz_{i,j,k-1} + Mz_{i,j,k}}{2} + M_{lq} \frac{P_{inj} - P_{i,j,k}^{*}}{dxdydz}$$

$$\frac{P_{i,j,k}^{**} - P_{i,j,k}^{*}}{\tau/3} = \frac{My_{i,j+1,k} + My_{i,j,k}}{2} \frac{P_{i,j+1,k}^{**} - P_{i,j,k}^{**}}{\Delta y^2} - \frac{My_{i,j-1,k} + My_{i,j,k}}{2} \frac{P_{i,j,k}^{**} - P_{i,j-1,k}^{**}}{\Delta y^2} -$$
$$- \frac{My_{i,j+1,k} + My_{i,j,k}}{2} \frac{P_{i,j+1,k}^{n} - P_{i,j,k}^{n}}{\Delta y^2} + \frac{My_{i,j-1,k} + My_{i,j,k}}{2} \frac{P_{i,j,k}^{n} - P_{i,j-1,k}^{n}}{\Delta y^2}$$

$$\frac{P_{i,j,k}^{n+1} - P_{i,j,k}^{**}}{\tau/3} = \frac{Mz_{i,j,k+1} + Mz_{i,j,k}}{2} \frac{P_{i,j,k+1}^{n+1} - P_{i,j,k}^{n+1}}{\Delta z^2} - \frac{Mz_{i,j,k-1} + Mz_{i,j,k}}{2} \frac{P_{i,j,k}^{n+1} - P_{i,j,k-1}^{n+1}}{\Delta z^2} -$$
$$- \frac{Mz_{i,j,k+1} + Mz_{i,j,k}}{2} \frac{P_{i,j,k+1}^{n} - P_{i,j,k}^{n}}{\Delta z^2} + \frac{Mz_{i,j,k-1} + Mz_{i,j,k}}{2} \frac{P_{i,j,k}^{n} - P_{i,j,k-1}^{n}}{\Delta z^2}$$

Далее, реализуются обычный метод прогонки по направлению x в первом полушаге, по y на втором и по z на третьем. Можно заметить, что с помощью первого дробного шага аппроксимируем уравнение, а следующие два шага являются поправочными и предназначены для повышения устойчивости. Для уравнении концентрации полимера/ПАВ/соли и температуры выписывается аналогично.

Результаты расчетов. Результаты численного расчета при неизотермическом вытеснении нефти можно увидеть на нижеприведенных рисунках. На рисунке 1 изображена расчетная сетка. В противоположных углах выбранной области имеются две скважины: нагнетательная и добывающая. На этих скважинах задаются давление на забое (P_inj и P_prod).

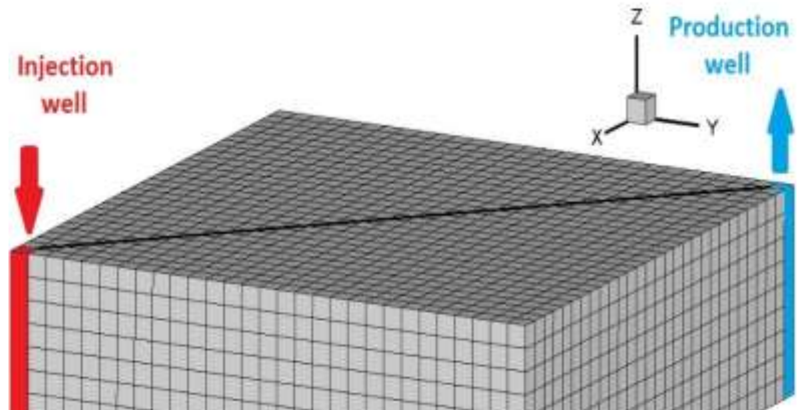
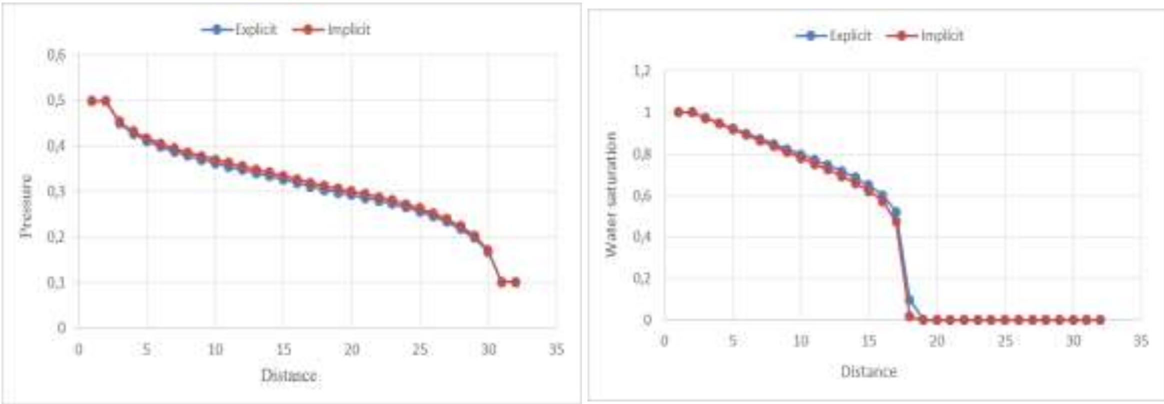


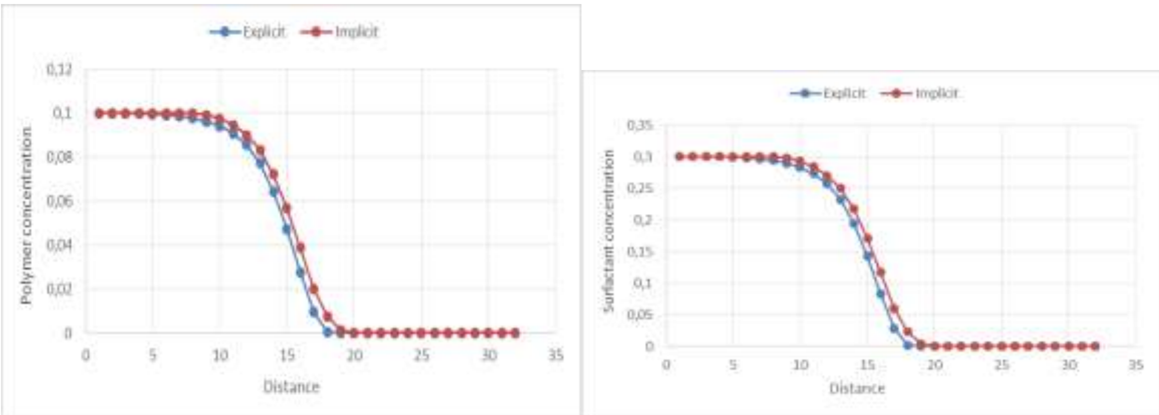
Рисунок 1 – расположение скважин на расчетной сетке

На рисунках (2) – (4) можно увидеть сравнение результатов расчета с использованием явной и неявной схемы. Данные распределения брались по прямой соединяющий две скважины до момента прорыва воды из добывающей скважины.



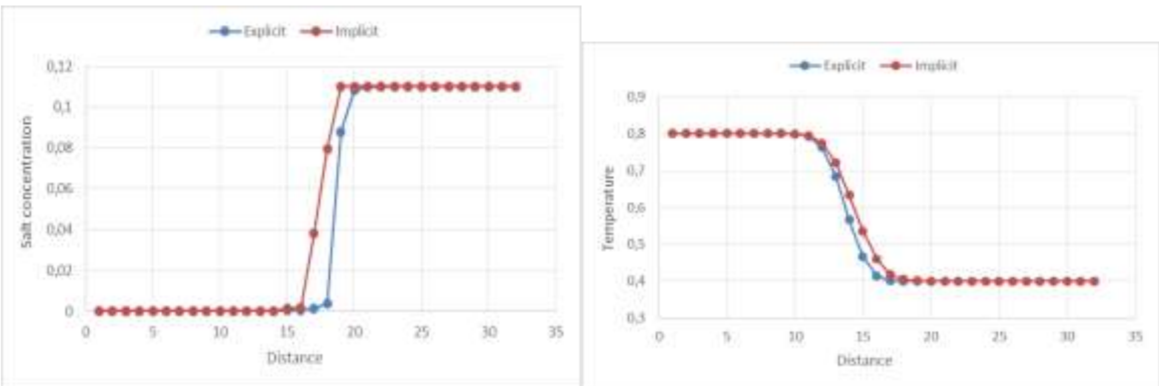
а) б)

Рисунок 2 – Распределение (а) – давления и (б) – насыщенности воды



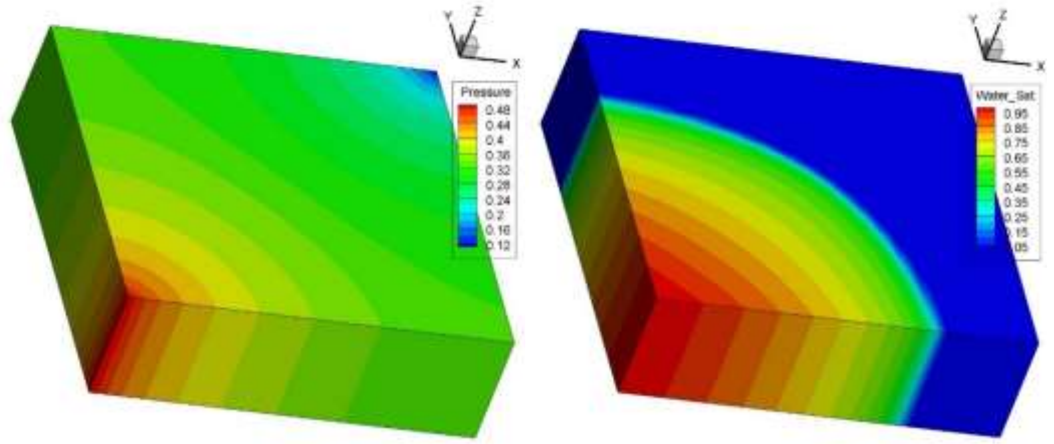
а) б)

Рисунок 3 – Распределение концентрации (а) – полимера и (б) – ПАВ



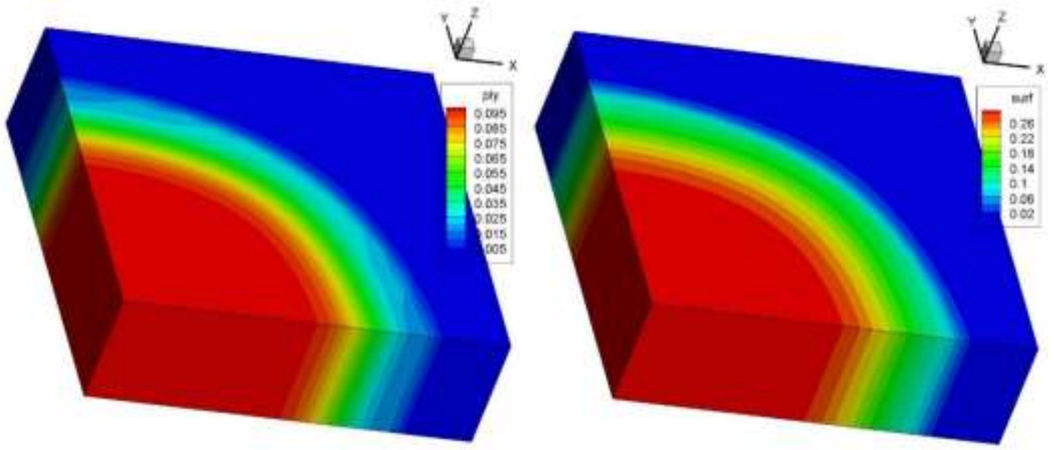
а) б)

Рисунок 4 – Распределение (а) – концентрации соли и (б) – температуры



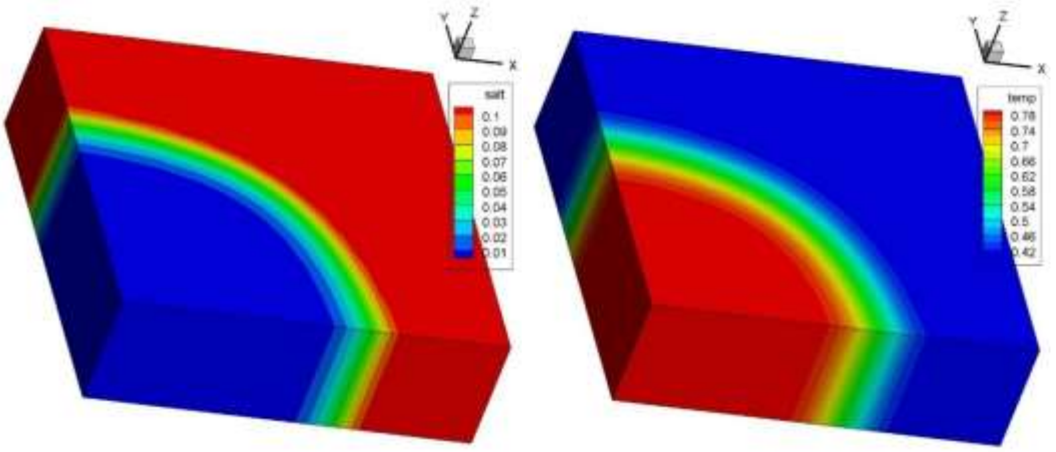
а) б)

Рисунок 5 – 3D распределение давления и насыщенности воды



а) б)

Рисунок 6 – 3D распределение концентрации полимера и ПАВ



а) б)

Рисунок 7 – 3D распределение концентрации соли и температуры

На рисунках (5) – (7) можно увидеть распределение основных параметров в трехмерной сетке. На рисунке 5 показаны результаты расчета распределения давлении и насыщенности. Через нагнетательную скважину под давлением P_inj закачивается (вода +ПАВ/полимер), распределение которых можно увидеть на рисунках 5б,6,7. Считается, что в начальный момент времени соленость закачиваемой воды равна нулю (рисунок 7а). В данных расчетах в пласт закачивается раствор температурой больше пластового, распределение которого показана на рисунке 7б. Таким образом, задача численно решена в простой постановке, т.е. не учитывались изменение вязкостей от концентрации реагентов и температуры и адсорбция полимера не влияла на проницаемость водной фазы. В дальнейших расчетах для получения технологических показателей они учитывались.

С экономической точки зрения, мы не можем все время закачивать тот или иной реагент. По этой причине использовали следующую последовательность закачки химических реагентов в пласт (рисунок 8): сначала закачиваем раствор ПАВ, которая выталкивает нефть и уменьшает межфазное натяжение на границе защемлённой нефти и воды. Затем все это вытесняется более вязким раствором, раствором полимера. Известно, что при использовании полимеров, вязкость закачиваемой жидкости увеличивается, что приводит к более эффективному вытеснению. Далее все это вытесняется водой.

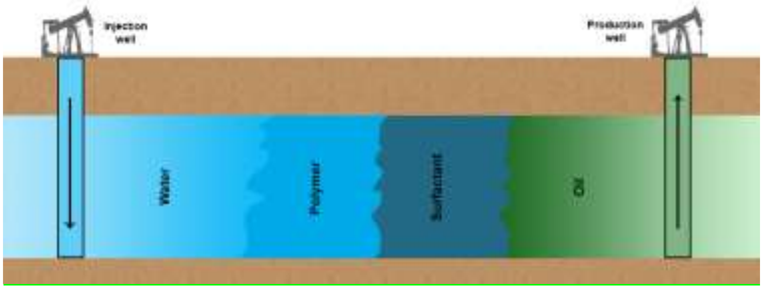
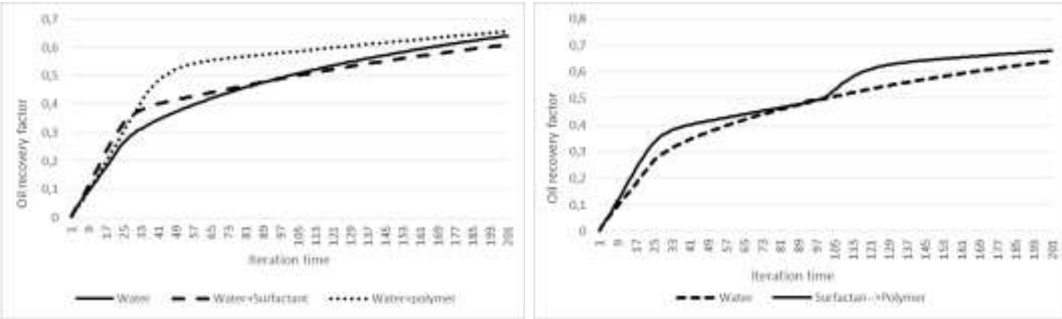


Рисунок 8 – Последовательность закачки химических реагентов

При использовании данной последовательности вытеснения, важно знать когда нужно останавливать закачку ПАВ и начать закачку полимера для получения более высокого КИН. В данных расчетах, примерно после 70 временных итерации начинается закачка полимера (соответственно останавливается закачка ПАВ). На графике 9б можно видеть, что через некоторое время КИН снова растет, потому что поверхностное натяжение между фазами упала, увеличилась смачиваемость породы, раствор ПАВ впитывается поры, занятые нефтью и все это вытесняется сравнительно более вязким раствором. Конечно, было хорошо посчитать оптимальные и экономический выгодные концентрации закачиваемых агентов для достижения максимального КИН. Но при помощи данных исследовании можно сказать, что использование гибридной технологий воздействия на пласт (в нашем случае ПАВ + полимер) дает положительный результат.

На рисунке 9а показаны изменение коэффициента нефтеотдачи пласта при различных воздействии на пласт: вытеснение нефти водой, вытеснение с использованием ПАВ и вытеснение с раствором полимера. Естественно, при использовании химических реагентов, нефть вытесняется лучше, т.е. КИН по сравнению больше с случаем обычного вытеснения водой. Можно заметить, что раствор ПАВ до определенного момента времени (90 итерации по времени) показывает высокий КИН, но после 90 итерации коэффициент сравнительно хуже. Раствор полимера показывает высокий КИН за весь период эксплуатации.



(а) (б)

Рисунок 9 – Коэффициент нефтеотдачи пласта для а) закачка воды, раствора ПАВ и раствора полимера по отдельности; б) комбинированное заводнение.

Заключение. Рассмотрена задача вытеснения нефти с использованием химических реагентов ПАВ и полимера с учетом солености нефтяного пласта и изменения температуры. Представлены результаты численных расчетов с использованием явной и неявной схемы. Определены распределения основных параметров: давления, насыщенности, концентрации химических реагентов и температуры. Сравнены коэффициенты нефтеотдачи пласта при вытеснении нефти водой, раствором полимера, раствором ПАВ и при комбинированном вытеснении. Показана эффективность применения комбинированного метода заводнения (ПАВ + полимер).

1. Бабалян Г.А., Леви Б.И., Тумасян А.Б., Халимов Э.М. Разработка нефтяных месторождений с применением поверхностно-активных веществ. – М.: Недра, 1983. - 216 с.
2. Lake, L.W.: Enhanced oil recovery. Prentice Hall Inc, New Jersey (1989).
3. Sorbie, K.S.: Polymer improved oil recovery. CRC Press, Boca Raton (1991).
4. Fathaddin, M.T., Nugrahanti, A., Buang, N.P., Elraes, K.A.: Surfactant-polymer flooding performance in heterogeneous two-layered porous media. IIUM Engineering Journal, Vol 12, No 1, 2011, P. 31-38.
5. Rai, K., Johns, T.R., Delshad, M., Lake, W.L., Goudarzi, A.: Oil-recovery predictions for surfactant polymer flooding. Journal of Petroleum Science and Engineering, 112 (2013), P. 341350.
6. Азиз Х., Саттари Э. Математическое моделирование пластовых систем. – Москва: Недра, 1982. – 507 с.
7. Flory, P.J.: Principles of polymer chemistry. Cornell University Press (1953).
8. Wegner, J., Ganzer, L.: Numerical simulation of oil recovery by polymer injection using COMSOL. Proceeding of the COMSOL conference, Milan (2012).
9. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. - Москва: Наука, 1989. - 432 с.

Аңдатпа. *Мақалада айқын және айқын емес айырымдылық сұлбаларын температураны ескеріп пластқа полимер мен сурфактант айдау арқылы үш өлшемді мұнай ығыстыру есебін сандық шешу үшін пайдалану қарастырылады. Қарастырылып отырған есептің математикалық моделі келесі теңдеулерден тұрады: су және мұнай фазалары үшін баланс теңдеуі, қозғалыс теңдеуі, полимер/сурфактант/тұз концентрацияларының тасымал теңдеуі, температура тасымалдану теңдеуі. Негізгі параметрлердің таралуы анықталды және айқын және айқын емес айырымдылық сұлбаларын пайдаланып есептелген нәтижелер салыстырылды. Пласттқа гибридті әсер ету технологиясының тиімділігі көрсетілді.*

Түйін сөздер: *МЫК, сурфактант, полимер, гибридті әсер ету, айқын емес сұлба.*

Abstract. *This article discusses the use of explicit and implicit finite difference schemes for numerical solution of three-dimensional oil displacement problem by polymer and surfactant injection*

into the oil reservoir considering temperature effects. A mathematical model of polymer/surfactant flooding consists of: the balance equation for the water and oil phases, the equation of motion, the transport equation of the polymer/surfactant/salt and heat transfer equation. The distributions of main parameters are obtained and compared the results of calculations by using explicit and implicit schemes. The efficiency of hybrid flooding technology is showed.

Keywords: *oil recovery, surfactant, polymer, combined flooding, implicit scheme.*

УДК 519.62/.64

М.А. Бектемесов[1], А.Н. Алимова[2], С.Е. Касенов[3]

ВЫЧИСЛЕНИЕ ГРАДИЕНТА ФУНКЦИОНАЛА ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ВОЛНОВОГО УРАВНЕНИЯ

([1]г.Алматы, Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
[2]Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева,
[3] Казахский национальный педагогический университет имени Абая)

Аннотация. *В данной статье рассматривается задача Дирихле для волнового уравнения. Исходная задача сведена к обратной задаче. Решение обратной задачи сведено к последовательному решению прямой и сопряженных задач. Обратная задача рассматривается в операторном виде. Решение операторного уравнение сводим к задаче минимизации целевого функционала. Введен целевой функционал. Выписан градиент функционала для обратной задачи.*

Ключевые слова: *Задача Дирихле, волновое уравнение, метод итераций Ландвебера, обратная задача, численный алгоритм.*

Задача Дирихле для волнового уравнения является одной из наиболее сложных моделей математической физики. Волновое уравнение описывает почти все разновидности малых колебаний в распределенных механических системах, таких как продольные звуковые колебания в газе, жидкости, твердом теле; поперечные колебания в струнах и т.п. Компоненты электромагнитных векторов и потенциалов, и, следовательно, многие электромагнитные явления (от квазистатики до оптики) в той или иной мере объясняются свойствами решений волнового уравнения. Итерационные методы в последнее время находят все более широкое применение для решения некорректных задач математической физики.

Постановка задачи

Рассмотрим задачу Дирихле для двумерного волнового уравнения [1]:

$$u_{tt}(x,y,t) = u_{xx}(x,y,t) + u_{yy}(x,y,t), \qquad x \in (0,\pi), \quad y \in (0,\pi), \quad t \in (0,T), \tag{1}$$

$$u(0,y,t) = u(\pi,y,t) \qquad y \in [0,\pi], \quad t \in [0,T], \tag{2}$$

$$u(x,0,t) = u(x,\pi,t) = 0, \qquad x \in [0,\pi], \quad t \in [0,T], \tag{3}$$

$$u(x,y,0) = 0, \qquad x \in [0,\pi], \quad y \in [0,\pi], \tag{4}$$

$$u(x,y,T) = f(x,y), \qquad x \in [0,\pi], \quad y \in [0,\pi]. \tag{5}$$

Эту задачу мы сформулируем как обратную задачу по отношению к следующей прямой задаче:

$$u_{tt}(x,y,t) = u_{xx}(x,y,t) + u_{yy}(x,y,t), \qquad x \in (0,\pi), \quad y \in (0,\pi), \quad t \in (0,T), \tag{6}$$

$$u(0,y,t) = u(\pi,y,t) = 0, \qquad y \in [0,\pi], \quad t \in [0,T], \tag{7}$$

$$u(x,0,t) = u(x,\pi,t) = 0, \qquad x \in [0,\pi], \quad t \in [0,T], \tag{8}$$

$$u(x,y,0) = 0, \qquad x \in [0,\pi], \quad y \in [0,\pi], \tag{9}$$

$$u_t(x,y,0) = q(x,y), \qquad x \in [0,\pi], \quad y \in [0,\pi]. \tag{10}$$

В обратной задаче (1) – (5) требуется найти $q(x,y)$ по дополнительной информации, относительно решения прямой задачи

$$u(x,y,T) = f(x,y), \qquad x \in [0,\pi], \quad y \in [0,\pi]. \tag{11}$$

Рассмотрим обратную задачу (6) – (11) в операторном виде

$$Aq = f. \tag{12}$$

Решаем задачу минимизацией целевого функционала

$$J(q) = \|Aq - f\|^2, \tag{13}$$

Минимизировать который будем методом итераций Ландвебера

$$q_{n+1} = q_n - \alpha J' q_n, \tag{14}$$

где параметр α фиксирован и $\alpha \in (0, \|A\|^{-2})$.

Вычисление градиента функционала $J(q)$

Рассмотрим функционал (13) в следующем виде

$$J(q) = \int_0^\pi \int_0^\pi [u(x,y,T;q) - f(x,y)]^2 dxdy. \tag{15}$$

Найдем приращение функционала

$$J(q+\delta q) - J(q) = \int_0^\pi \int_0^\pi \{[u(x,y,T;q+\delta q) - f(x,y)]^2 - [u(x,y,T;q) - f(x,y)]^2\} dxdy. \tag{16}$$

Введем замену

$$u(x,y,T;q+\delta q) = \tilde{u}, \tag{17}$$

$$u(x,y,T;q) = u, \tag{18}$$

$$\delta u(x,y,T;\delta q) = \tilde{u} - u, \tag{19}$$

$$\tilde{u} = \delta u + u. \tag{20}$$

Раскроем скобки в (16) и, используя (17) – (18), получим

$$= \int_0^\pi \int_0^\pi (\tilde{u}^2 - 2\tilde{u}f + f^2) dxdy - \int_0^\pi \int_0^\pi (u^2 - 2uf + f^2) dxdy = \int_0^\pi \int_0^\pi \tilde{u}^2 dxdy - 2\int_0^\pi \int_0^\pi \tilde{u} f dxdy -$$

$$- \int_0^\pi \int_0^\pi u^2 dxdy + 2\int_0^\pi \int_0^\pi uf dxdy = \int_0^\pi \int_0^\pi (\tilde{u}^2 - u^2) dxdy - 2\int_0^\pi \int_0^\pi (\tilde{u} - u) f dxdy,$$

используя (19), (20), получим

$$= \int_0^\pi \int_0^\pi ((\tilde{u} - u)(\tilde{u} + u)) dxdy - 2\int_0^\pi \int_0^\pi \delta u f dxdy = \int_0^\pi \int_0^\pi (\delta u(\delta u + u + u)) dxdy - 2\int_0^\pi \int_0^\pi \delta u f dxdy$$

$$= \int_0^\pi \int_0^\pi \delta u^2 dxdy + 2\int_0^\pi \int_0^\pi u \delta u dxdy - 2\int_0^\pi \int_0^\pi \delta u f dxdy = \int_0^\pi \int_0^\pi \delta u^2 dxdy + 2\int_0^\pi \int_0^\pi (u - f)\delta u dxdy.$$

Сформулируем возмущенную задачу

$$\tilde{u}_{tt}(x,y,t) = \tilde{u}_{xx}(x,y,t) + \tilde{u}_{yy}(x,y,t), \qquad x \in (0,\pi), \quad y \in (0,\pi), \quad t \in (0,T), \tag{21}$$

$$\tilde{u}(0,y,t) = \tilde{u}(\pi,y,t) = 0, \qquad y \in [0,\pi], \quad t \in [0,T], \tag{22}$$

$$\tilde{u}(x,0,t) = \tilde{u}(x,\pi,t) = 0, \qquad x \in [0,\pi], \quad t \in [0,T], \tag{23}$$

$$\tilde{u}(x,y,0)=0, \qquad x\in[0,\pi], \quad y\in[0,\pi], \tag{24}$$

$$\tilde{u}_t(x,y,0)=q(x,y)+\delta q(x,y), \qquad x\in[0,\pi], \quad y\in[0,\pi]. \tag{25}$$

Из задачи (21) – (25) вычтем задачу (6) – (10) и получим задачу на $\delta u(x,y)$

$$\delta u_{tt}(x,y,t)=\delta u_{xx}(x,y,t)+\delta u_{yy}(x,y,t), \qquad x\in(0,\pi), \quad y\in(0,\pi), \quad t\in(0,T), \tag{26}$$

$$\delta u(0,y,t)=\delta u(\pi,y,t)=0, \qquad y\in[0,\pi], \quad t\in[0,T], \tag{27}$$

$$\delta u(x,0,t)=\delta u(x,\pi,t)=0, \qquad x\in[0,\pi], \quad t\in[0,T], \tag{28}$$

$$\delta u(x,y,0)=0, \qquad x\in[0,\pi], \quad y\in[0,\pi], \tag{29}$$

$$\delta u_t(x,y,0)=\delta q(x,y), \qquad x\in[0,\pi], \quad y\in[0,\pi]. \tag{30}$$

Рассмотрим тождественно равное нулю выражение, вытекающее из (26)

$$0\equiv\int_0^T\int_0^\pi\int_0^\pi(\delta u_{tt}-\delta u_{xx}-\delta u_{yy})\psi dxdydt$$

$$=\int_0^T\int_0^\pi\int_0^\pi\delta u_{tt}\psi dxdydt-\int_0^T\int_0^\pi\int_0^\pi\delta u_{xx}\psi dxdydt-\int_0^T\int_0^\pi\int_0^\pi\delta u_{yy}\psi dxdydt,$$

проинтегрируем по частям выражение

$$0\equiv\Big|_0^T\int_0^\pi\int_0^\pi\delta u_t\psi dxdy-\int_0^T\int_0^\pi\int_0^\pi\delta u_t\psi_t dxdydt-\Big|_0^\pi\int_0^T\int_0^\pi\delta u_x\psi dydt+$$

$$+\int_0^\pi\int_0^T\int_0^\pi\delta u_x\psi_x dxdydt-\Big|_0^\pi\int_0^T\int_0^\pi\delta u_y\psi dxdt+\int_0^\pi\int_0^T\int_0^\pi\delta u_y\psi_y dxdydt,$$

используем повторное интегрирование по частям

$$0\equiv\Big|_0^T\int_0^\pi\int_0^\pi\delta u_t\psi dxdy-\Big|_0^T\int_0^\pi\int_0^\pi\delta u\,\psi_t dxdy+\int_0^T\int_0^\pi\int_0^\pi\delta u\,\psi_{tt}dxdydt-\Big|_0^\pi\int_0^T\int_0^\pi\delta u_x\psi dydt+\Big|_0^\pi\int_0^T\int_0^\pi\delta u\,\psi_x dydt-$$

$$-\int_0^\pi\int_0^T\int_0^\pi\delta u\,\psi_{xx}dxdydt-\Big|_0^\pi\int_0^T\int_0^\pi\delta u_y\psi dxdt+\Big|_0^\pi\int_0^T\int_0^\pi\delta u\,\psi_y dxdt-\int_0^\pi\int_0^T\int_0^\pi\delta u\,\psi_{yy}dxdydt=$$

$$=\int_0^T\int_0^\pi\int_0^\pi(\psi_{tt}-\psi_{xx}-\psi_{yy})\delta u dxdydt+\int_0^\pi\int_0^\pi\delta u_t(x,y,T)\psi(x,y,T)dxdy-$$

$$-\int_0^\pi\int_0^\pi\delta u_t(x,y,0)\psi(x,y,0)dxdy-\int_0^\pi\int_0^\pi\delta u(x,y,T)\psi_t(x,y,T)dxdy+$$

$$+\int_0^\pi\int_0^\pi\delta u(x,y,0)\psi_t(x,y,0)dxdy-\int_0^T\int_0^\pi\delta u_x(\pi,y,t)\psi(\pi,y,t)dydt+$$

$$+\int_0^T\int_0^\pi\delta u_x(0,y,t)\psi(0,y,t)dydt+\int_0^T\int_0^\pi\delta u(\pi,y,t)\psi_x(\pi,y,t)dydt-$$

$$-\int_0^T\int_0^\pi\delta u(0,y,t)\psi_x(0,y,t)dydt-\int_0^T\int_0^\pi\delta u_y(x,\pi,t)\psi(x,\pi,t)dxdt+$$

$$+\int_0^T\int_0^\pi\delta u_y(x,0,t)\psi(x,0,t)dxdt+\int_0^T\int_0^\pi\delta u(x,\pi,t)\psi_y(x,\pi,t)dxdt-$$

$$-\int_0^T\int_0^\pi \delta u(x,0,t)\psi_y(x,0,t)dxdt.$$

Используя (27), (28), (30), получаем

$$=\int_0^T\int_0^\pi\int_0^\pi(\psi_{tt}-\psi_{xx}-\psi_{yy})\delta u dxdydt+\int_0^\pi\int_0^\pi \delta u_t(x,y,T)\psi(x,y,T)dxdy-$$

$$-\int_0^\pi\int_0^\pi \delta u_t(x,y,0)\psi(x,y,0)dxdy-\int_0^\pi\int_0^\pi \delta u(x,y,T)\psi_t(x,y,T)dxdy-$$

$$-\int_0^T\int_0^\pi \delta u_x(\pi,y,t)\psi(\pi,y,t)dydt+\int_0^T\int_0^\pi \delta u_x(0,y,t)\psi(0,y,t)dydt-$$

$$-\int_0^T\int_0^\pi \delta u_y(x,\pi,t)\psi(x,\pi,t)dxdt+\int_0^T\int_0^\pi \delta u_y(x,0,t)\psi(x,0,t)dxdt.$$

Откуда вытекает постановка сопряженной задачи

$$\psi_{tt}(x,y,t)=\psi_{xx}(x,y,t)+\psi_{yy}(x,y,t),\quad x\in(0,\pi),\quad y\in(0,\pi),\quad t\in(0,T), \tag{31}$$

$$\psi(0,y,t)=\psi(\pi,y,t)=0,\quad y\in[0,\pi],\quad t\in[0,T], \tag{32}$$

$$\psi(x,0,t)=\psi(x,\pi,t)=0,\quad x\in[0,\pi],\quad t\in[0,T], \tag{33}$$

$$\psi(x,y,T)=0,\quad x\in[0,\pi],\quad y\in[0,\pi], \tag{34}$$

$$\psi_t(x,y,T)=2[u(x,y,T)-f(x,y)],\quad x\in[0,\pi],\quad y\in[0,\pi], \tag{35}$$

получаем выражение

$$0\equiv\int_0^\pi\int_0^\pi \delta u_t(x,y,0)\psi(x,y,0)dxdy+\int_0^\pi\int_0^\pi \delta u(x,y,T)\psi_t(x,y,T)dxdy. \tag{36}$$

Откуда, учитывая (29) из (36), получаем выражение для градиента функционала

$$J'q=-\psi(x,y,0), \tag{37}$$

где $\psi(x,y,t)$ есть решение сопряженной задачи (31) – (35).

Алгоритм метода итераций Ландвебера

1 Задаем начальное приближение q_0.

2 Предположим, что q_n уже известно, тогда решаем прямую задачу:

$$u_{tt}=u_{xx}+u_{yy},\quad x\in(0,\pi),\quad y\in(0,\pi),\quad t\in(0,T),$$

$$u|_{x=0}=u|_{x=\pi}=0,\quad y\in[0,\pi],\quad t\in[0,T],$$

$$u|_{y=0}=u|_{y=\pi}=0,\quad x\in[0,\pi],\quad t\in[0,T],$$

$$u|_{t=0}=0,\quad x\in[0,\pi],\quad y\in[0,\pi],$$

$$u_t|_{t=0}=q_n(x,y),\quad x\in[0,\pi],\quad y\in[0,\pi].$$

3 Вычисляем значение целевого функционала

$$J(q_n)=\|Aq_n-f\|^2=\int_0^\pi\int_0^\pi[u(x,y,T;q_n)-f(x,y)]^2dxdy$$

4 Если текущее значение функционала $J(q)$ – недостаточно мало, то решаем сопряженную задачу:

$$\psi_{tt}=\psi_{xx}+\psi_{yy},\quad x\in(0,\pi),\quad y\in(0,\pi),\quad t\in(0,T),$$

$$\psi|_{x=0}=\psi|_{x=\pi}=0,\quad y\in[0,\pi],\quad t\in[0,T],$$

$$\psi|_{y=0} = \psi|_{y=\pi} = 0, \qquad x \in [0,\pi], \quad t \in [0,T],$$
$$\psi|_{t=T} = 0, \qquad x \in [0,\pi], \quad y \in [0,\pi],$$
$$\psi_t|_{t=T} = 2[u(x,y,T) - f(x,y)], \qquad x \in [0,\pi], \quad y \in [0,\pi].$$

5 Вычисляем градиент функционала

$$J' q_n = -\psi(x,y,0).$$

6 Вычисляем следующее приближение q_{n+1}

$$q_{n+1}(x,y) = q_n(x,y) - \alpha_n J' q_n,$$

где $\alpha \in (0, \|A\|^{-2})$.

Работа выполнена при поддержке грантового финансирования научно-технических программ и проектов Комитетом науки МОН РК, грант №1746/ГФ4.

1. Кабанихин С.И., Бектемесов М.А., Нурсеитова А.Т Итерационные методы решения обратных и некоректных задач с данными на части границы /Алматы – Новосибирск: ОФ «Международный фонд обратных задач», 2006.

Аңдатпа. *Бұл мақалада толқын теңдеуі үшін Дирихле есебі қарастырылады. Бастапқы есеп кері есепке келтіріледі. Кері есептің шешімі тізбектес тура және түйіндес есептердің шешуге келтірілген. Кері есеп операторлық түрге келтірілген. Операторлық теңдеу шешімі арнайы функционалды минималдандыруға келтірілген. Арнайы функционал енгізілген. Кері есеп үшін функционал градиенті жазылған.*

Түйін сөздер: *Дирихле есебі, толқын теңдеуі, Ландвебер итерация әдісі, кері есеп, сандық алгоритм.*

Abstract. *In this paper, the Dirichlet problem for the wave equation. The initial problem is reduced to the inverse problem. Solution of the inverse problem is reduced to the successive solution of direct and adjoint problems. The inverse problem is considered in the operator form. The solution of operator equation reduces to the problem of minimizing the target functional. Enter the target functionality. Discharged gradient functionality for the inverse problem.*

Keywords: *Dirichlet problem, wave equation, iterative method Landweber, inverse problem, numerical algorithm.*

ӘОЖ 51(07) 372.851

А. Біргебаев, Б.Р. Берсенбаев *

ҒЫЛЫМДЫ ГУМАНИТАРЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ОНЫҢ ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ ТАНУДАҒЫ ОРНЫ

(Алматы қ., Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті,*-магистрант)

Андатпа. *Білім беруді гуманитарландыру ұстанымы жоғары білімді реформалау сатысында негізгі мәселелердің бірі болып табылады.Сондықтан гуманитарлық компаненттерді енгізу мәселесін шешу үшін ғылымның бастауына назар аударып ішкі мәселелерін қарастыру керек.Математика жалпы адамзат мәдениетінің маңызды құраушыларының бірі болғандықтан студент тұлғасының дамуына жанжақты ықпал етеді. Осы жұмыста ғылымды және математикалық білім беруді гуманитарландыру қарастырылған. Аталған сұрақтың атап өтерлігі қоршаған ортаны тануда білім дамуы* *үдерісіндегі адамзат рөлінің тереңдігін мойындауда. Осыған байланысты ғылым дамуының қоршаған ортаға әсері талданады.*

***Түйін сөздер**: гуманитарландыру, ізгілендіру, ізгілік, логика,эпистемалогия.*

Қазакстан Республикасында білім берудің 2003-2015 жылдар аралығын арналған концепциясында, Қазақстан Республикасында білім беруді дамытудың 2005-2010 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасында (2004.11.09) және Қазақстан Республикасында гуманитарлық білім беру тұжырымдамасында (26.08.2004) айтылғандай, білім беру жүйесін реформалаудың бағыттарының бірі білім беруді **гуманитарландыру** болып табылады. Республикамызда әлеуметтік–экономикалық өзгерістер адам санасындағы күрделі жаңғыру үдерісімен астаса жүріп жатыр, мұның өзі іргелі және әмбебап білімді қайтадан саралап, оның өрісін едәуір кеңейте түсуді, сөйтіп бұл істі білім беру жүйесі арқылы жүзеге асыруды талап етеді. Қоғамда бүгінгі таңда білім берудің өндірісті қамтудан мәдени–шығармашылық мұратқа қарай ауысуы жолындағы саяси міндеті туралы дәстүрлі түсінік қайта қозғалу үстінде.

Гуманитарлық білім беру адамның әлеуметтік – мәдени тұрпатын сомдау тәсілі ретінде көрінеді, өйткені, ол жеке тұлғаның дамуындағы сыңаржақтылық пен толымсыздықты еңсеруге жәрдемдеседі, әр кісінің азаматтық тұғырын табуына жетелейді, сол арқылы оның ішкі әлеуетін ашуына деген мүмкіндігін кеңейтеді.

Білім берудің гуманитарлық сипаты, онда адам жай зерттеу объектісі ретінде ғана емес, ең алдымен құдыретті мәдениет үлгілерін дүниеге әкелген шығармашылық пен таным субъектісі, әрі өзінің шығармашылыққа деген құлшынысымен оқушыларды баурап әкететін субъект ретінде көрінуімен бедерленеді.

Қоғамды ізгілендіру – XXI ғасырдың табалдырығындағы өркениетті дамудың талабы, мұның өзі әлеуметтік қатынастарды ұйымдастырудың тиімді нысандарына қол жетуіне байланысты болып отыр, әрі бұл қатынастарда алдымен әлемнің тұтқасы ретінде адам аса айшықтана көрінеді. Ендігі жерде ізгілендіру мақсатына жету құралы зиялылықты қалыптастыруды, сезім, көңіл–күй мәдениетін тәрбиелеуді , өмірлік құндылықтармен бағдарлардың белгілі бір жүйесін орнықтыруды көздейтін сан қырлы процесс **гуманитарландыру** болып табылады. Өйткені , біздің ертеңгі күні осы қазіргі мәдениеттің, бүгінгі білім мен тәрбие берудің аясында өзіміз қалыптастырған қоғамға қадам басатынымыз айқын.

Білім беруді гуманитарландырудың басты міндеті – бүкіл тәрбие , білім беру, оқу- ағарту және мәдениет кешенін гуманистік бағдардағы адам тәрбиелеуге жұмылдыруға саяды.

Білім беруді гуманитарландыруға қойылатын талап - ең алдымен барлық оқу пәндерінің гуманитарлық әлеуетін айқындап, олардың оқу әдістемелерін тиісінше өзгерту.

Бүгінгі күні оқу орнын бітіріп отырған жас өз мамандығының тарихы мен теориясын игеруге, өзара қарым –қатынас жасау үшін, сондай-ақ мамандандырылған пәндер үшін қажет болатындай көлемде шет тілдерін білуге , өз ойын қисынды баяндай білуге, дәлелді пікірсайысқа бара алатындай, іскерлік әңгімеге оның кез-келген тұсында араласа алатындай болуға, осы заманғы халықаралық іскерлік, кәсіби ізетті білуге, өнер әлемімен әрдайым қарым-қатынаста болуға деген қажеттілікті сезінуге, өздігінен білім алуға бейім болуға тиіс.

Білімді гуманитарландыруға арналған оқу үдерісін ұйымдастырудың басты міндеті- еліміздің әлеуметтік-экономикалық өмірінде болып жатқан өзгерістерді ескере отырып, оқытудың жаңа құрылымына–мазмұны мемлекеттік стандарт арқылы белгіленетін базалық курстарға, кафедралардың өздері айқындайтын арнаулы курстарға, сондай- ақ, студенттер таңдап алатын курстарға көшу. Сонымен қатар, жалпы білім беретін және арнаулы пәндердің оқулықтарына гуманитарлық мазмұн енгізу.

Мемлекеттік білім беру бағдарламасында айтылғандай , әлемнің көптеген алдыңғы қатарлы елдерінің білім беру жүйесін талдау біздің елдегі білім берудің құрылымын, мақсаттарын, мазмұнымен технологиясын түбегейлі өзгертудің қозғаушы күші болды. Негізгі мақсат білімді, білік–дағдыларды механикалық түрде беру емес, ақпараттық-зияткерлік ресурстарды өз бетінше тауып, талдап, пайдалана білетін, идеялардың қуат көзі болатын, жедел өзгеріп отыратын әлем жағдайында дамитын және өзін-өзі ашып көрсете алатын **жеке тұлғаны** қалыптастыру басым болуы тиіс делінген болатын.

Білім беруді гуманитарландыру проблемаларының қойылуына және оның шешу жолдарын анықтауға « Образование и наука на пороге третьего тысячелетия» (г.Новосибирск,1995г) халықаралық конгресс айтарлықтай үлес қосты[1].

Бұл құжаттардың және материалдардың мазмұны білім берудің стратегиясын, оның фундаменталдылығын сақтай отырып қоғамның, мемлекеттің жеке адамның өзекті мәселелеріне және келешек қажеттілігіне сай қазіргі таңдағы саналы білім беруді қамтамасыз етуді анықтайды. Білім беруді ізгілендіру (гуманизация) және гуманитарландыру проблемаларын зерттеуді дамыту педагогтар мен әдіскерлердің ғана емес сол сияқты гуманитарлық, әлеуметтік және, жаратылыстану саласының мамандарының ғылыми еңбектерінде жалғасын табуда.

Педагогикалық энциклопедияда, үлкен энциклопедиялық сөздікте берілген «ізгілік», «ізгілендіру», «ізгілікті болу», «гуманитарлық», «гуманитарландыру», «білім беру», «білім беруді гуманитарландыру» терминдерінің анықтамаларын қарастырайық [2]:

- ізгілікті болу (гуманный) (лат.humanus – басқа біреудің игілігіне бағытталған адамға деген адамгершілікті) адамға деген адами сүйіспеншілік жайлаған гуманитарлық мақсат, гуманитарлық қатынас

- ізгілік (гуманизм**)** (лат.humanus-адамгершілікті, адамгершілік)- бұл адамның жеке тұлға ретінде қадірін, өзінің қабілетін еркін байқауға, дамытуға құқын мойындау. Адам игілігін қоғамдық қатынастардың бағалауы ретінде мақұлдау

- **гуманитарлылық** (франц. Humanitair, лат.humanitas-адам табиғаты, білімділік), жеке адам тұлғасына , құқына , адамның мүддесіне назар аудару

- Білім беру білімде, білікте, қоршаған ортаға қатынасына байланысты шығармашылық қызмет пен көңіл-күй құндылығында; материалдық және рухани мәдениетті дамытуға және сақтау қажеттілігінде көрніс тапқан әлеуметтік маңызы бар адамзат тәжірибесін игеруге байланысты жеке тұлғаның дамуы мен ішкі даму үдерісі. Білім алудың негізгі жолдары- білім беру және өздігінен білім алу.

- Білім беруді гуманитарландыру. Білім мазмұнындағы жалпы мәдениет компоненттерін дамытуға баса назар аударуға бағытталған, сол арқылы білім алушының жеке тұлғалық кемелденуін қалыптастыруға арналған шаралардың жүйесі. З.Гельман білімді гуманитарландырудағы ғылымның даму тарихының рөльне назар аударады. Оның ойы бойынша гуманитарлық білім берудің интеграциялануы ғылым мен жаратылыстанудың тарихы негізінде мүмкін болады. Себебі, олар біртіндеп барлық өркениеттің даму механизмін анықтайтын білімге айналады. Олар білім алушыға «...Біріншіден, ғылыми танымның және мәдениеттің диалектикалық дамуын анықтауға мүмкіндігін , екіншіден, ондай әдіс ғылым мен мәдениеттің теориялық және практикалық іс-әрекеттегі бірлігін реттеуде көрініс беруін айқындайды.» 3]

В.П. Зинченко ғылымды гуманитарландыру проблемаларын жаратылыстану және гуманитарлық ғылымдар бір тұтас әрі әлемдік мәдениеттің бір бөлігі деген көзқараста қарастырады: «...Ғылым әлеуметтік мәдени ағзаны (организм) көрсетеді және көрсетуге тиіс! Нақты айтқанда тарихи даму үдерісінде адамзат баласы қалыптастырған функционалдық орган» [4]

Қоғамның кәзіргі даму деңгейіндегі жоғары білімді реформалауда білім беруді гуманитарландыру ұстанымы негізгі үдерістердің бірі болып табылады. Бұл ұстанымның математикаға қолданылуы, студенттерді математикалық біліммен қамтамасыз етіп қана қою емес математика арқылы олардың интелектуалдық потенциялын дамыту, өйткені Платон айтқандай, «математикаға икемді адам басқа ғылымға да икемді». Сондықтан әр бір ғылымның пайда болу көзіне, даму тарихына қарап ішкі мәніне үңілу арқылы оның гуманитарлық потенциялын анықтау керек. Егер біз ғылымның дамуына көз жүгіртсек, онда оның нәтижелі түрде математикаландырылуын қиындықсыз-ақ байқауға болады. Тереңірек зер салып қарасақ керісінше үдерісті, яғни – гуманитарлық ғылымдардың әдістері қалыпты жағдайда гуманитарлық болып саналмайтын білім салаларына пайдаланылуын байқауға болады. Әрине ол математиканың басқа ғылымдарға таралуынан өзгеше. Математиканың басқа білім салаларына өтуі қойылған проблемеалардың концепцияларын өзгертпей олардың модельдерін, тұжырымдамаларын жасап сол арқылы шешім жасауға жеткізеді.

Гуманитарлық ғылымдар гуманитарлық емес білім салаларына кеңінен жайылуы арқылы оның мазмұнына енумен бірге оны байыта түсуде, тіптен кей жағдайларда оның құрамдас бөліміне айналуда. Мысал ретінде Логиканың даму жолын қарастырайық. «Логика» деген сөз нені білдіреді?-десек, ең бірінші Аристотельдің жұмыстары еске түседі. Оның мазмұнында логика дегеніміз пайымдау ережелерін **кодтау** және бір жүйеге келтіру болатын. Логиканы Аристотельден бастап, өткен ғасырдың ортасына дейін гуманитарлық пән болды десек, артық айтқандық болмас еді. Бульдің еңбектерінен кейін, логиканың екінші өмірі басталды. Логика математикалық пәнге айналды. Бір жағынан ол математика негіздерін талдауға пайдаланылса, екінші жағынан техниканың мәселелерін шешуде (автоматтардың, компьютерлердің құрылымдарының жобалары жасалуда) баға жетпес құрал болып отыр. Математикалық логика сөзсіз математикалық пән, бірақ, ол түптамырын қалыптасқан гуманитарлық пән болып саналатын логикадан тартып отыр. Бұл гуманитарлық ғылымды математикаландыру немесе математиканы гуманитарландыру емес, бұл жерде айқын түрде, бұрын гуманитарлық білімге жататын мәселелерді шешуге арналған жаңа математикалық пән пайда болып отыр.

Психология пәнінде болған жағдай тіптен қызықты. «Бір кезде психология өз бетінше жеке пән ретінде маңызын жоғалтты, оның мәселелерінің бір бөлігі философияның екінші бір бөлігі жоғары нерв жүйесі физиологиясымен бірігіп кетті»-деген пікір болды. Бұрынғы кеңес өкіметінде ол жеке пән ретінде оқытылмайтын болып, жоғары оқу орындары мамандар дайындауды тоқтатты. Кең профильді психологиялық зерттеулер жүргізетін бір де бір орталықтар болмады. Осы көзқарас, машиналарды жасап қана қоймай одан да жоғары « адам –машина» керек екенін түсінген техника өкілдерінің психологиялық зерттеулер жүргізудің өте қажет екеніне қызығушылық танытқанына дейін сақталды. Қазіргі таңдағы ғылым дамуының мәселелері адам проблемасына жалған интелект құруға, жеке адам ЭЕМ арасындағы диалог, текстерді машинамен аудару, ЭЕМ тілдерін құру жағдайларына тәуелді. Космосқа ұшу, су астында ұзақ болу, жоғары жылдамдықта қозғалыс бағытын анықтау-осының бәрі адам психикасының инженерлік аспектілерін білуді талап етеді. Осының өзі математиканың көмегімен шешілетін инженерлік сұрақтар, гуманитарлық мәселелермен астасып жатқанын көрсетіп отыр. Бұрын ондай жағдайларға мән берілмей инженерлік жүйелер адам туралы ғылымға назар аудармай-ақ, жобаланатын.

XIX ғасырдың аяғында ғылым оның ішінде математиканың құрылымы қалай орналасқанын түсінуге ерекше қызығушылық пайда болды. Соған байланысты математиканың негізін талдайтын «Ғылым дамуының логикасы» құрылды. Батыста ауқымы кең ұғым «Ғылым философиясы» туралы айтыла бастады [5,6]. Осының бәрі Расселдің математикалық жиындар теориясының порадокстарын зерттеуден басталды. Сонан кейін Гильберт математика құрылымында абсолютті қарама-қайшылықтың жоқ екенін дәлелдеумен айналысты. 1931 жылы өзінің әйгілі теоремасында Гедель дедуктивті ойлау мүмкіндігінің шектеулі ұстанымда болатынын, яғни Гильберт теориясының толық емес екенін көрсетіп математиканың құрылымында қарама-қайшылық болатынын көрсетті. Сонымен ол тұжырым алынған нәтижелер туралы **эпистемалогияның** бұрын сонды болмаған ең күштісі болды. Шын мәнінде бұл философиялық ой емес, математикалық тұжырым болатын. Математиканың негіздерінің басталу көзін Кант пен Лейбницке тірегенмен, одан ол философиялық пән болып табылмайды. Бұл жерде математика, нақты айтқанда оның бөлімдері есептің қойылуына қарай философиялық мазмұндарымен толықтырылады.

Ғылымтанудың бөлімі «Ғылым дамуының логикасы» әртүрлі ғылымдардың қалай құрылғанын, гипотезалар қалай қойылады, олар қалай қабылданады немесе қабылданбайды, тәжірибелер қалай ұйымдастырылады оның әдістері мен формалар қандай болады, қорытынды қалай жасалады деген мәселені зерттейтін ғылымға айналды. Осындай логикалық талдаудың қорытындылары күнделікті ғылыми жұмыста қолданыс тауып, өзінің абстрактілі екенін жоғалтады және **гуманитарланады**, яғни күнделікті адам өміріндегі қажеттіліктерге пайдаланылады.

Сонымен ғылымның қай саласын алып қарасақ та, гуманитарлануды байқаймыз. Бұл көзге корініп тұрған факт. Осыған қандай түсініктеме беруге болады? –деген сұрақ орынды. Бір кездерде, шамамен Пастердің уақыттарында ғылымды басқармаса да, немесе арнайы бағыттамаса да адам баласына сөзсіз пайда келтіретін болған[7,8]. Қазіргі таңда ресурстардың тозуына, қоршаған ортаның ластануына, кейбір аурулардың таралуына, қылмыстың, нашақаорлықтың көбейуіне еске ала отырып, оны ғылым дамуының тікелей және бұлтартпас нәтижесі демесе де, соның салдары ма?- деп бұл мәселеге күдікпен қарауға тура келеді. Ғылымда бұл құбылыстарды болдырмауға көп үміт артылса да одан оң нәтиже болмай отыр. Бұдан шығатын қорытынды, ғылымның дамуы арнайы бағытталған сипат алуы тиіс. Сонымен бірге адамзат өркениеті өзінің өмір сүру аралығында өкінішке орай, әрине математиканың практикаға қолданыстағы көмегі арқылы, табиғатқа жасалған тәжірибелердің және ғылыми іс-әрекеттердің әсерінен экологиялық апаттарға, адам өліміне, әрі қайғыға душар болуына әкелетін деректерді молынан жинақтай бастады. Нақты айтқанда, ғалымдар өздері ашқан жаңалықтардың және алған нәтижелердің практикаға қолданылуының салдарына моральдық жауап беруден босатылды. Ядролық, химиялық және бактериологиялық одан басқа да қарудың түрлері ойлап табылып тіршілік иелеріне , оның ішінде адамдарға сынақтан өткізілуде. Соңғы ондаған жылдар көлемінде пайда болған орны толмас экологиялық проблемалардың кесірінен жер шарында ауа райы өзгеріске ұшырап, озон жыртықтары пайда болып кеңи түсуде сонымен бірге әлемдік мұхит кеңістігінің фаунасы жойылуға айналуда т.с.с.. Мұның өзі глобальдық ауа райы мен қоршаған ортаны орасан зор шығынға ұшыратып, соның нәтижесінде жер бетіндегі тіршіліктің бүтіндей жойылуына соғуы мүмкін. Осыдан барып, адамзат қоғамының басым бөлігі ғылыми-техникалық прогресс өркениет дамуының басты шарты деген дерекке күдікпен қарай бастады. Оған мысал ретінде жаппай қарулану, ядролық сынақтар, атом электр станцияларын салу, кейбір батыс-сібір өзендерін орталық азияға қарай бұру сияқты, жүзеге асырылуында ешқандай моральдық-этикалық негіз жоқ, тек қана ғылымның технологиялығы мен оның моральдық шектелуінің арасындағы кикілжіңге әкелетін бағдарламаларды еске түсіру жеткілікті.

Кез келген ғылым саласының іс-әрекеті өзінің құрамына қарай абстрактілі болсын болмасын соңғы нәтижесінде табиғатты бағындыруға арналған. Бір бөлігі адам болып табылатын үлкен экологиялық жүйеге ғылымның бақылаусыз және еркін түрде ықпал етуі қауіпті сипат алуда. Тіптен ол космостың қауіпсіздік деңгейіне дейін шарықтады. Ғылымның дамуы, бізге көтеруге мүмкін болмайтын жауапкершілік жүгін арқалатуы көрініс берді. Оған идеялық түрде адам баласы дайын емес. Яғни осы жерде ең үзілуге дайын жіңішке аралық пайда болып отыр.

Осы мағынада ғылымның дамуы мен оның нәтижелерінің қолданыс аясының тұтқасы ретінде жеке адамның тұлғасы тұр. Бұл қарапайым емес феноменді түсіну дегеніміз жалпы ғылымның, оның ішінде математиканың неге **гуманитарлану** жолына түскендігінің басты себебін ұғыну деп білу керек.

1.Итоговый документ Международного конгресса «Образование и нака на пороге третьего тысячелетие».-Новосибирск,1995.-22стр
2. Большой Российский энциклопедический словарь.-М.Науч изд.БРЭ,2005-1887с
3.Гельман З. Интеграция среднего образования на базе йдей истории науки и культуры. Вид.-М.,1991. .№12.-с.19-27
4. Зинченко В.П. Наука- неотъемлимая часть культуры. Вопросы философии. -1990. №1
5.Лурье Л.И. Математическое образование пространстве эстетического опыта. Жур. Образование и наука.- 2007.№1(43)
6.Зиновьв А.А. Комплексная логика. Вопросы философии. -2003.№1.
7.Біргебаев А. Физика-математика бағытында оқытушылар мен мамандар дайындаудағы математикалық анализдің алтын орны мен қызметі.Вестник КазНПУ Алматы 2008г.
8.Біргебаев А.Гуманитарландыру және дифференциалдық операторлардың бөліктенуін оқытудың ғылыми әдістемелік негіздері. Монография, Алматы-2013.» Бизнес Медиа»

Аннотация. *Принцип гуманитаризации образования на данном этапе реформирования высшего образования является основопологающим. Поэтому необходимо решать проблему внедрения гуманитарного компонента, действуя изнутри в каждой науке, исходя из ее корней. Так как математика является важным компонентом общечеловеческой культуры она играет важную роль в развитии личности студентов. В настоящей работе рассматриваются вопросы гуманитаризации науки и математического образования. Примечательной стороной поставленного вопроса стало признание глубокой роли человека в процессе развития нашего знания об окружающем мире. В этой связи обсуждается суть влияния развития науки на окружающую среду.*
Ключевые слова: *гуманитаризация, гуманизация, гуманизм, логика, эпистемалогия*

Abstract. *The principle of humanization of education at this stage of the reform of higher education is this essential. Therefore it is necessary to solve the problem of the introduction of the humanitarian component of the acting from within each science, proceeding from its roots. Since mathematics is an important part of human culture, it plays an important role in the development of personality of students. In the present paper deals with the humanization of science and mathematics education. A notable side of the question posed was the recognition of deep human role in the development of our knowledge about the world. In this regard, discussed are the impact of the development of science on the environment.*
Keywords: *humanitarian, humanization, humanity, logic, epistemalogiya*

УДК 378.1:004

А.Б. Закирова, Ж.Б. Ахаева, Р.Ж. Бекжанова

ПРИМЕНЕНИЕ В ОБРАЗОВАНИИ «СИСТЕМЫ РАЗВИТИЯ УМСТВЕННЫХ СПОСОБНОСТЕЙ НА ОСНОВЕ МЕНТАЛЬНОЙ АРИФМЕТИКИ»

(г.Астана, Евразийский национальный университет им.Л.Н.Гумилева)

Аннотация. *В статье рассматривается метод ментальной арифметики. История развития менара. Как влияет метод ментальной арифметики на детей. Вследствие обучения два полушария мозга развиваются одновременно. Дети учатся не только быстро считать, но и также неординарно мыслить.*

Ключевые слова: *Менар, абакус, ментальная арифметика, счеты*

Что есть ум (сообразительность)? Ум (сообразительность) – способность человека как находить решение проблемы, так и адаптироваться к окружающей обстановке; выражение его умений и талантов.

Ученым Торндайком выделено 3 типа сообразительности (умственных способностей):

1. Абстрактное мышление. Сочетает использование символов с мыслительными категориями. В детском возрасте данный тип мышления не сильно себя проявляет, однако, начиная с 12 лет, наблюдается более заметно. Абстрактное мышление – не самый развитый из типов – обычно материализуется с помощью материальных символов иных видов мышления. Для постижения математических понятий существует абстрактное мышление, целью которого является построение тесно связанных с математикой иных типов мыслительных цепочек.

2. Механическое (конкретное) мышление. Выражается при использовании принадлежностей и механизмов. Проявляется с детских лет. Пример: починка сломанной игрушки. Суть состоит в том, что собирая сломанную игрушку, данный тип мышления позволяет изменить ее форму.

3. Социальное мышление. Проявляется при приобщении к социальному окружению, а также при желании наладить качественные отношения и связи с иными людьми. Только качественно используя своё социальное мышление, человек уважается обществом, может быть признан лидером.

Мозг: Является центром регулирования всех процессов человека, как то: восприятия, мышления, воспроизведения речи, познания, регулирование поведения. Состоит из двух полушарий: правого и левого. Левое полушарие контролирует процессы правого полушария, правое же контролирует процессы левого полушария. В левом полушарии располагаются, в том числе и речевые центры, благодаря этому и иным особенностям данное полушарие именуется академическим. Правая часть мозга же именуется творческим полушарием.

Особенности головного мозга:

Правое полушарие	Левое полушарие
Созидание	Логика
Сила воображения	Анализ
Общее представление	Упорядочивание
Интуиция	Ассоциативное мышление
Творчество	Математическое мышление
Чувство ритма	Языковые способности

Эмоции	Проверка истины
Зрительные способности	Рифмы
Музыкальный слух	Подсчёт
Способность фантазировать	Восприятие речи

До 12 лет мозг человека стремительно развивается. Целостное (законченное) развитие мозг приобретает к 13-14 годам. Разница пропорций левого и правого полушарий познаётся и используется при повышении умственного уровня. Развитие пропорции полушарий происходит в равной мере с развитием абстрактного, механического и социального мышления. Ментальная арифметика является наиболее эффективным методом развития данных процессов. [1]

Ментальная арифметика – наука, позволяющая со скоростью калькулятора считать в уме на воображаемых счетах. Но учит она не только этому! Ментальная арифметика помогает улучшить память, развить воображение, научиться быть более внимательным и даже работы обеими руками одновременно. Эффективность методики доказана учеными с мировым именем!

Ментальная арифметика – это одна из самых древних систем счета. Придумал данную уникальную программу развития турок Шен более 5 тысяч лет назад. На какое-то время о ней все позабыли, но потом ментальная арифметика вновь успешно стартовала в Азии в 1993 году, показывая хорошие результаты. В настоящее время действуют более 5 тысяч центров в 50 странах, которые помогают постичь азы этой уникальной программы. В Турции данная модель активно применяется с 2008 года. В Казахстане обучающая программа ментальная арифметика возникла недавно.

Первые крупномасштабные исследования эффективности ментальной арифметики и её влияния на развитие интеллектуальных способностей начались еще в 1981 – 1983 годах. Путем опытов и наблюдений ученые установили, что при многократном решении однотипных задач у человека развиваются общие когнитивные навыки - формируется мощная система репрезентации. Яркий пример её формирования приводят японцы Хатано и Осава: в ходе эксперимента неподготовленным людям и опытным операторам вычислительных устройств предлагается выполнить ряд арифметических задач. Первые решают задачу путем механического запоминания и допускают множество ошибок. Вторые используют образную память и, с легкостью, управляют своими «мысленными счетами».

В 1986 – 1987 годах специалисты решаются расширить знания предшественников. В научно-техническом исследовании формирования и использования интеллектуальных счет Шимидзу и Амаива принимают участие сразу пять групп испытуемых с различной степенью профессиональной квалификации. В качестве контрольной группы выступает 13 учеников, которые только начали практиковать использование счет. Испытуемым предлагаются задачи на время (воспроизвести прямую и обратную последовательность чисел на заданной скорости), словесно-звуковые (воспроизвести трехсложные слова в обратном порядке путем перестановки слогов) и зрительно-пространственные задачи (выбрать из шести альтернатив необходимый рисунок). Результаты показывают, что качество работы напрямую зависит от опыта. Старшие специалисты, полагаясь на свои интеллектуальные счеты, дают правильных ответов в среднем на 5% больше остальных. За ними следуют младшие специалисты. Ни один из новичков не показывает результат, равный средней величине хотя бы одной из других групп

Свои научные исследования проводят и американцы. Так, например, Майкл Фрэнк и Дэвид Барнер для изучения феномена «мысленных счетов» длительное время провели в Индии, где сравнивали возможности детей, в совершенстве освоивших технику, и тех, кто едва закончил годичное обучение на физическом абакусе. Результаты вновь подтвердили взаимосвязь между ментальными расчетами и визуальными образами.

«Новички» ошибались с трехзначными и четырехзначными цифрами, а хорошо обученные дети представляли счеты в уме, мысленно группировали костяшки в наборы цифр, и считали правильно, даже отвлекаясь на прослушивание сказки и танцы.

По мере роста популярности курса ментальной арифметики число исследований её эффективности также растет. Мир потрясают статьи «Эффект волны и перспективы обучения через абакус» профессора Шизуко Амаива, «Влияние обучения через абакус на развитие правого полушария мозга» доктора Тошио Хаяши. Впечатляют и публикации исследователя Nippon Medical School Кимико Кавано. Однако наиболее полное представление о ментальной арифметике миру дает Казахстан. В Астане публикуется обширное интервью с международным модератором программы Тан Ю Мингом. В Алматы открывается одна из лучших тематических школ, предлагающая всем желающим записаться на курсы "TIAMO". Почти во всех крупных городах ежегодно проводятся олимпиады, конкурсы и соревнования, на которых дети со всех уголков планеты могут продемонстрировать свое мастерство.

Что такое «Абак»? Данное слово происходит от греческого «абакус» (рис.1). Считается первоначальным вариантом счётной машинки (прародителем нынешнего калькулятора), представляя собой, по сути, деревянное табло. Будучи средством для систематичного счётных операций, представляет собой приспособление из деревянных линий и крепящихся на них бусинках. Абак является базисом Ментальной Менар-программы (далее – Ментальная арифметическая программа «Менар» - МАПМ) умственного развития.[2]

Рисунок 1 - Абак

В рамках концепции МАПМ детям предлагается продуманный план – Программа умственного развития. Программа, начальной стадией которой, является обучение числовым операциям с использованием абака, некоторое время спустя при помощи развития на основе упражнений с абаком учащиеся начинают очень быстро мыслить и осваивать ментальные процессы и упражнения. Конспектируя вышесказанное, ментальная арифметика, как и компьютерные вычислительные машины, бумажные и письменные упражнения, не подразумевает каких-то внешних инструментов воздействия на мыслительные процессы человека. Только сила человеческого мышления и его качественные особенности входят в данный арифметический метод. С 1982 года по настоящее время данная модель развития мыслительных процессов человека используется весьма широко. В Турции данная модель применяется активно с 2008 года.

В основе Менар - интенсивное использование ребенком счетов (абак). На начальной стадии обучения он использует обе руки для операций с косточками счетов, стимулируя работу обоих полушарий головного мозга. Главная идея программы заключена в том, что у ребенка, который изучает простейшие операции по арифметике при помощи счетов, происходит активная работа одновременно и правого, и левого полушарий головного мозга. Дети постигают все 4 вида математических операций, а также вычисление квадратного и кубического корней.

Пройдя эту стадию, дети переходят к счету в уме. Каждая тренировка ослабляет привязку ребенка к счетам и стимулирует воображение, благодаря чему впоследствии он сможет производить расчеты в уме, лишь представляя абак перед собой и мысленно совершая движения косточками (работа с воображаемыми счетами). Сначала у ребенка начинает функционировать левое полушарие – он наглядно видит процесс счета, у него развивается мелкая моторика, когда он пользуется абаком, затем подключается правое полушарие – происходит счет в уме. Ребенок мысленно представляет абак (счеты), далее с помощью своего воображения производит движение косточками, так и считает. Каждое число для ребенка представлено в воображении конкретной картинкой, которая была изображена на косточках счетов. Вследствие этого два полушария развиваются одновременно. Постепенный переход от простого к сложному в дальнейшем позволит ребенку производить арифметические действия даже с десятизначными числами. Лишь сила мышления человека и его особенности входят в этот арифметический метод. Умение считать – это побочный эффект, самое главное – развивается мозг, что способствует повышению успеваемости по всем предметам и появлению самостоятельности.

Ребенок, обучаемый Менар, решает математическую задачу, воспринимая числа как картинки, т.к. каждое конкретное число вызывает у него ассоциацию соответствующего изображения на косточках счетов. [3]

Минимальный возраст ребёнка для начала обучения согласно данной модели? Идеальным интервалом постижения механизмов данной программы является возраст от 5-7 до 12 лет. Данный возрастной диапазон взят не просто так, именно до 12-летнего возраста, как утверждают создатель ментальной арифметики и его последователи, происходит интенсивное развитие мозговой деятельности. После 12 лет учиться тоже можно, но процесс идет намного медленнее. Обладающий не самыми нормальными оценками учащийся получит благодаря данной программе необходимую подготовку и догонит успевающих сверстников. Менар – это программа исключительная в своём роде, не заключающаяся исключительно в изучении математики, но также дети учатся быстрее мыслить, качественнее использовать возможности головного мозга. Учащийся с помощью Менар-программы лучше будет усваивать полученные в школе знания.

Благодаря ментальной арифметике даже неуспевающий ребенок по математике сможет достичь отличных результатов. Причем у детей не происходит смешения школьной арифметики с ментальной арифметикой. Дети, благодаря уникальной программе ментальной арифметики, быстрее усваивают знания, полученные в школе. Они учатся не только быстро считать, но и также неординарно мыслить. Кроме того, у ребенка снижается уровень стресса из-за развлекательной формы, повышается уверенность в себе и своих силах.

1. Система умственного развития на основе абачной арифметики ключ к развитию мышления. - http://www.myshared.ru/slide/800095/
2. Ментальная арифметика . http://www.tiamo-almaty.kz/articles/

3. Математика. Секреты ментальной математики. Бенжамин Артур. 2014

Аңдатпа. *Мақалада ментальді арифметиканың әдістері қарастырылуда. Менардың даму тарихы. Ментальді арифметикалық әдістің балаларға әсер етуі. Бас миының жартышарларын зерттеу кезінде бір мезгілде дамитыны анықталды. Балалар тез санаумен қатар ерекше ойлауды үйренеді.*
Түйін сөздер: *Менар, абакус, ментальды арифметика, есептеулер*

Abstract. *In the article the method of mental arithmetic. The history of the Menara. How does the method of mental arithmetic to children. As a result of learning the two hemispheres of the brain develop at the same time. Children learn not only quickly be considered, but also to think outside the box.*
Keywords*: Menard, abacus, mental arithmetic abacus*

УДК 519.63; 519.684

А.А. Исахов

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ ТЕПЛОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА ВОДНУЮ СРЕДУ

(г. Алматы, Казахский национальный университет имени аль-Фараби)

Аннотация. *В работе представлена математическая модель тепловой нагрузки ТЭС на водную среду, которая решается уравнениями Навье - Стокса и температуры для несжимаемой жидкости в стратифицированной среде. Численный алгоритм основан на методе расщепления по физическим параметрам, которые аппроксимируются методом контрольного объема. На первом этапе предполагается, что перенос количества движения осуществляется только за счет конвекции и диффузии. Промежуточное поле скорости находится 5-шаговым методом Рунге – Кутта. 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. Полученные численные результаты трехмерного стратифицированного турбулентного течения позволяет выявить качественно и приближенно количественно основные закономерности гидротермических процессов происходящих в водоемах-охладителях.*
Ключевые слова: *стратифицированная среда, уравнения Навье-Стокса, метод конечных объемов, методе расщепления по физическим параметрам, метод Рунге-Кутта.*

1. Введение

Ежегодное расходование электроэнергии в индустриально развитых странах с каждым годом только растет, что повлекло за собой рост мощностей энергетических блоков ТЭС или АЭС. Для того чтобы происходила конденсация пара охлажденная вода подается в конденсаторы. Расходы охлаждающих технических или циркуляционных вод огромны, которые составляют до 95% от общего расхода воды на нужды ТЭС, и до 90% на нужды АЭС.

Водоснабжения с прямоточной системой, которая использует воды рек или искусственных водоемов не может обеспечить необходимым количеством воды для охлаждения конденсаторов ТЭС и АЭС. При прямоточном водоснабжении образуется опасность пагубного термического воздействия, так называемое тепловое загрязнение и водоснабжения нарушает экологические равновесия искусственных или естественных водоемов. Большинство индустриально развитых стран для предотвращения этого применяются меры с использованием замкнутых систем охлаждения воды рек или естественных водоемов. При прямоточном водоснабжении для охлаждения циркуляционной воды часто применяются градирни. При оборотном водоснабжении, также часто применяются градирни, что влечет за собой снижение необходимости электростанции в пресной воде в 40 раз.

Главное воздействие ТЭС, по аналогии с АЭС, заключается в изменении термического режима водного объекта путем бесконтрольного сброса подогретых вод. Это приводит к таким последствиям, как изменение микроклимата, появление растительности в водоемах, уменьшение видового разнообразия водной флоры и фауны и другие губительные для окружающей среды процессы. Слив жидких загрязняющих веществ также является вредным воздействием ТЭС на водную среду. Так, во время выбросов в атмосферу, твердые частицы (например, мелкодисперсная угольная пыль) оседают на поверхности водоемов. При вымывании загрязняющих веществ из золошлаковых отвалов происходит образование кислотных дождей. Как следствие, качество воды ухудшается и в дальнейшем негативно отражается на всей экосистеме.

Если же рассматривать АЭС, то особенностью их эксплуатации является огромный риск радиоактивного загрязнения природной среды, в том числе и водной. Наблюдения за воздействием АЭС на водную среду пока не обнаружили существенных изменений естественного радиоактивного фона. Но, несмотря на это, не исчезает опасность, связанная с неизбежным образованием жидких радиоактивных отходов и необходимостью их хранения, захоронения или утилизации. И, хотя на данный момент АЭС наносят меньший ущерб водной среде, чем ГЭС и ТЭС, их потенциальная опасность, несомненно, масштабнее и может привести к гораздо более трагичным и глобальным последствиям для экологии, здоровья и жизнедеятельности людей.

Объекты энергетики являются наиболее опасными с экологической точки зрения и оказывают отрицательное влияние на водную среду. Они приводят к нарушению процессов самовосстановления, ухудшают токсикологические, гидрохимические и гидробиологические показатели водных объектов. Вследствие чего, понижается качество воды, и ухудшается ее питьевая ценность. Уменьшить влияние энергетической промышленности на биосферу в целом, так же как и на ее водную оболочку, можно путем снижения объемов деятельности. Но на данном этапе развития это не представляется невозможным.

В качестве примера теплового воздействия ТЭС на водную среду взята Экибастузская ГРЭС-1, расположенная в Павлодарской области в 17 км. к северо-востоку от г. Экибастуз, Казахстан.

Техническое водоснабжение Экибастузской ГРЭС-I осуществлялось по оборотной схеме с охлаждением циркуляционной воды. Поверхность водохранилища расположена на уровне 158.5 м, площадь равна 19.6 кв. км, максимальные размеры 4×6 км, средняя глубина 4.6 м, максимальная глубина у водозабора 8.5 м, объем водоема составляет 80 млн.куб.м. В водоеме использован селективный водозабор и водосброс совмещенного типа. Отработанная вода поступает в предварительный канал-смеситель, откуда через фильтрационную дамбу равномерно поступает в водоем-охладитель. Водозабор производится на расстоянии 40 метров от дамбы с глубины 5 м. Проектный расход воды 120 куб.м в секунду, а фактический расход колеблется в зависимости от эксплуатационной мощности ГРЭС в пределах 80-120 куб.м/сек.

2. Математическая модель

В водоемах-охладителях пространственное изменение температуры невелико. Поэтому стратифицированное течение в водоеме–охладителе можно описать уравнениями в приближении Буссинеска. Для математического моделирования рассматриваются системы уравнений, включающие уравнение движения, уравнение неразрывности и уравнение для температуры. Рассматривается развитое пространственное турбулентное течение в стратифицированном водоеме-охладителе. Для моделирования распространения температуры в водоеме используется трехмерная математическая модель [1,2,3]:

$$\frac{\partial \overline{u_i}}{\partial t}+\frac{\partial \overline{u_j}\,\overline{u_i}}{\partial x_j}=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial \overline{p}}{\partial x_i}+\nu\frac{\partial}{\partial x_j}\left(\frac{\partial \overline{u_i}}{\partial x_j}\right)+\beta g_i(T-T_0)-\frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j}, \tag{1}$$

$$\frac{\partial \overline{u_j}}{\partial x_j}=0, \quad (i=1,2,3), \tag{2}$$

$$\frac{\partial T}{\partial t}+\frac{\partial u_j T}{\partial x_j}=\frac{\partial}{\partial x_j}\left(\chi\frac{\partial T}{\partial x_j}\right), \tag{3}$$

где $\tau_{ij}=\overline{u_i u_j}-\overline{u_i}\,\overline{u_j}$, g_i – ускорение свободного падения, β – коэффициент объёмного расширения, u_i – компоненты скорости, χ – коэффициент температуропроводности, T_0 – равновесная температура, T – отклонение температуры от равновесия, ρ - плотность.

Для замыкания системы уравнений (1) – (3) используется модель турбулентности Смагоринского [4].

Для численного моделирования используется метод контрольного объема. Для этого представим уравнения Навье - Стокса и уравнение для температуры в виде интегральных законов сохранения для произвольного фиксированного объема Ω с границей $d\Omega$ [6,7,8,9,10]:

$$\int_\Omega\left(\frac{\partial U}{\partial t}+\frac{\partial F_i}{\partial x_i}+\frac{\partial G_i}{\partial x_i}-B_i\right)d\Omega=0, \tag{4}$$

где $U=\begin{pmatrix}0\\ u_j\\ T\end{pmatrix}$, $F_i=\begin{pmatrix}u_i\\ u_i u_j+p\delta_{ij}-\tau_{ij}\\ v_i T\end{pmatrix}$, $G_i=\begin{pmatrix}0\\ \nu\dfrac{\partial \overline{u_i}}{\partial x_j}\\ \chi\dfrac{\partial T}{\partial x_j}\end{pmatrix}$, $B=\begin{pmatrix}0\\ \beta g_i(T-T_0)\\ 0\end{pmatrix}$.

Уравнения (4) можно записать в следующем виде

$$\int_\Omega\left(\frac{\partial U}{\partial t}-B\right)d\Omega+\oint_{\partial\Omega}(F_i+G_i)n_i d\Gamma=0. \tag{5}$$

Приведем уравнения (5) такому виду

$$\int_\Omega\left(\frac{\partial U}{\partial t}\right)d\Omega+\oint_{\partial\Omega}(F_i+G_i)n_i d\Gamma=\int_\Omega B_i d\Omega. \tag{6}$$

Сеточные функции будут определяться в центре ячейки, а значения потоков через границу в дробных ячейках. Объем ячейки обозначим через сеточные функции.

Теперь произведем дискретизацию уравнения (6) по контрольному объему (CV) и контрольной поверхности (CS)

$$\sum_{CV}\left(\frac{\Delta U}{\Delta t}\right)\Delta\Omega+\sum_{CS}(F_i+G_i)n_i\Delta\Gamma=\overline{B_i}\Delta\Omega \tag{7}$$

или можно будет написать уравнение (7) в таком виде:

$$\sum_{CV}\Delta U\Delta\Omega+\sum_{CS}\Delta t(F_i+G_i)n_i\Delta\Gamma=\Delta t\overline{B_i}\Delta\Omega. \tag{8}$$

3. Численный алгоритм

Для решения уравнения (1) – (3) используется схема расщепления по физическим параметрам [5,6,7]. Для численной реализации системы (1) – (3) используется дискретизация вида (8). На первом этапе предполагается, что перенос количества движения осуществляется только за счет конвекции и диффузии. Промежуточное поле скорости находится 5-шаговым методом Рунге – Кутта. 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. Алгоритм задачи распараллелен на высокопроизводительной системе. Расчеты производились на кластерных системах URSA и Cluster ДГП НИИ Математики и Механики при КазНУ им. аль-Фараби. При решении уравнения для температуры также применяется метод конечных объемов и аналогичные вычисления как для уравнения движения [11].

I) $$\int_{\Omega}\frac{\vec{u}^*-\vec{u}^n}{\tau}d\Omega=-\oint_{\partial\Omega}\left(\nabla(\vec{u}^n\,\vec{u}^*-\tau_{ij})-\nu\Delta\vec{u}^*\right)n_i d\Gamma,$$

II) $$\oint_{\partial\Omega}(\Delta p)d\Gamma=\int_{\Omega}\frac{\nabla\vec{u}^*}{\tau}d\Omega,$$

III) $$\frac{\vec{u}^{n+1}-\vec{u}^*}{\tau}=-\nabla p,$$

IV) $$\int_{\Omega}\frac{T^*-T^n}{\tau}d\Omega=-\oint_{\partial\Omega}\left(\nabla\vec{u}^n\,T^*-\nu\Delta T^*\right)n_i d\Gamma.$$

4. Результаты численного моделирования

Для решения задач были заданы начальные и граничные условия. Начальные условия для скорости и температуры задаются в следующем виде: $u_j=0,\quad (j=1,2,3),\ T=T_0$. Граничные условия для скорости на дне и боковой границе задаются условием прилипания, а для температуры – адиабатические условия. На поверхности для скорости и температуры задаются условия Неймана. А также ставятся дополнительные граничные условия для скорости и температуры в боковой границе водосброса в зависимости от эксплуатационной мощности Экибастузской ГРЭС-1.

В связи с не оптимальным управлением Экибастузского ГРЭС-1 вода в водоеме-охладителе иногда перегревается, что приводит к полной остановке ГРЭС-1, после естественного охлаждения воды ГРЭС-1 запускается заново. В расчетах использовалась вычислительная сетка, имеющая более 500 000 вычислительных узлов. На рисунке 1 представлена вычислительная сетка для Экибастузского ГРЭС-1. На рисунке 2 изображены расчетный пространственный контур и изолиний распределения температуры в различные моменты времени после старта работы ГРЭС-1, на поверхности воды для эксплуатационной мощности 200 МВт. На рисунке 3 показаны контур и изолиний распределения температуры в различные моменты времени после старта работы ГРЭС-1, на поверхности воды для эксплуатационной мощности 1200 МВт. На обоих рисунках 2–3 видно, что распределения температуры с удалением от стока приближается к изотермическому состоянию. Полученные результаты показывают, что распределения температуры распространяется на большую площадь.

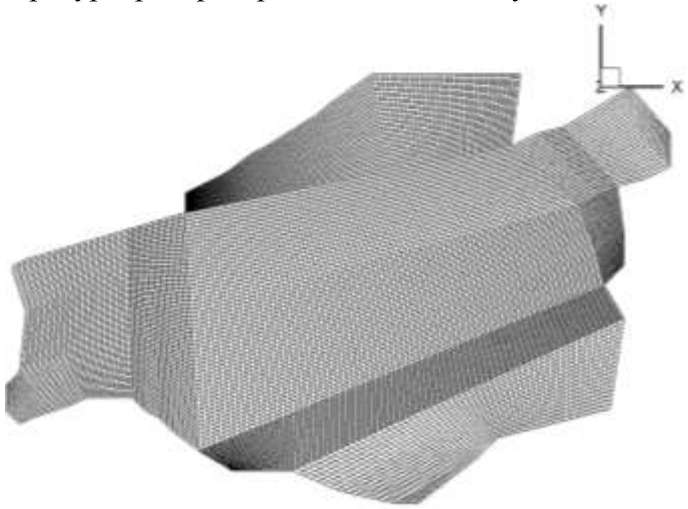


Рис. 1. Вычислительная сетка для Экибастузского ГРЭС-1.

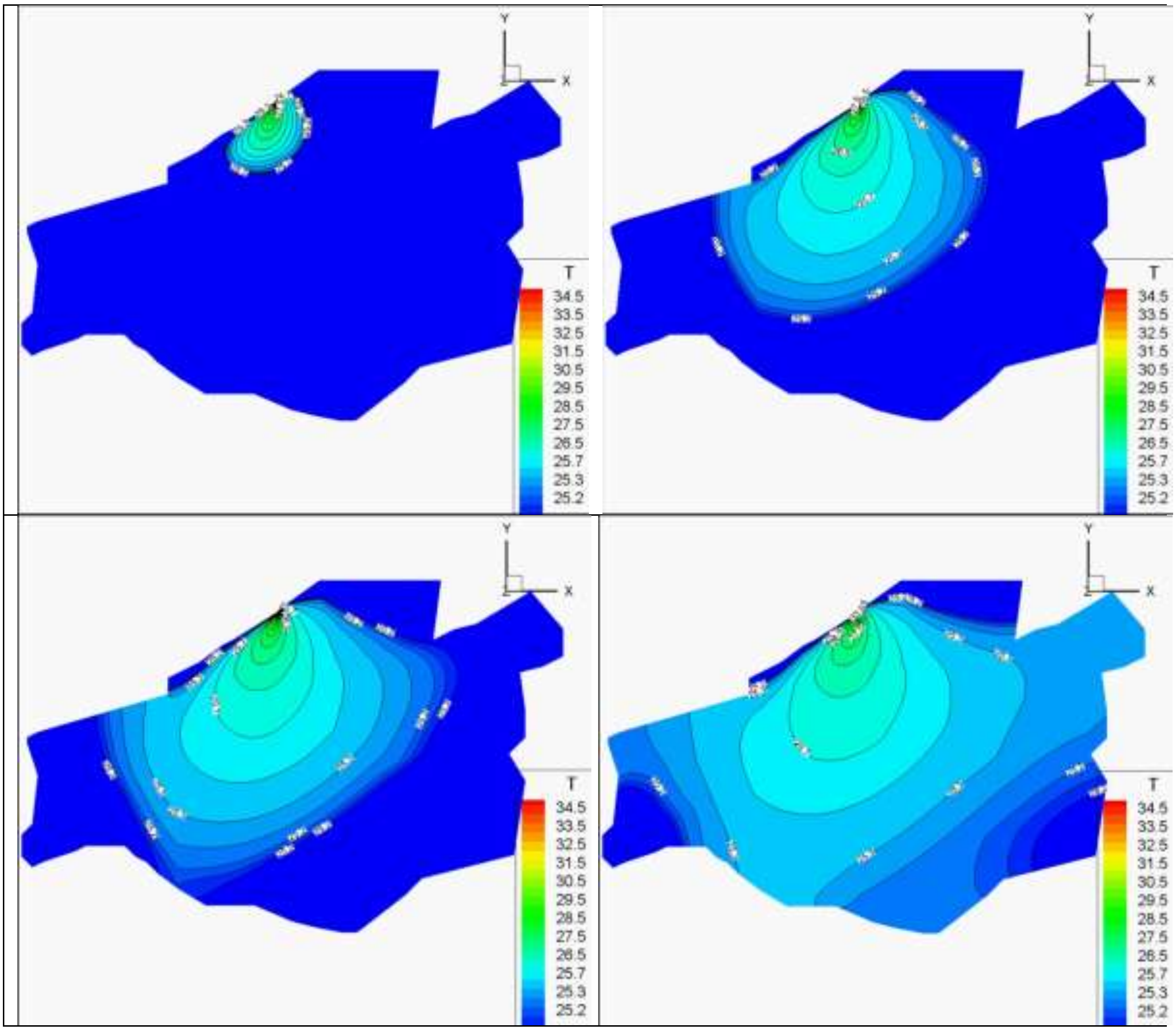


Рис. 2. Контур и изолиний распределения температуры через 1, 5, 10 и 24 ч. после старта работы ГРЭС-1, на поверхности воды для эксплуатационной мощности 200 МВт.

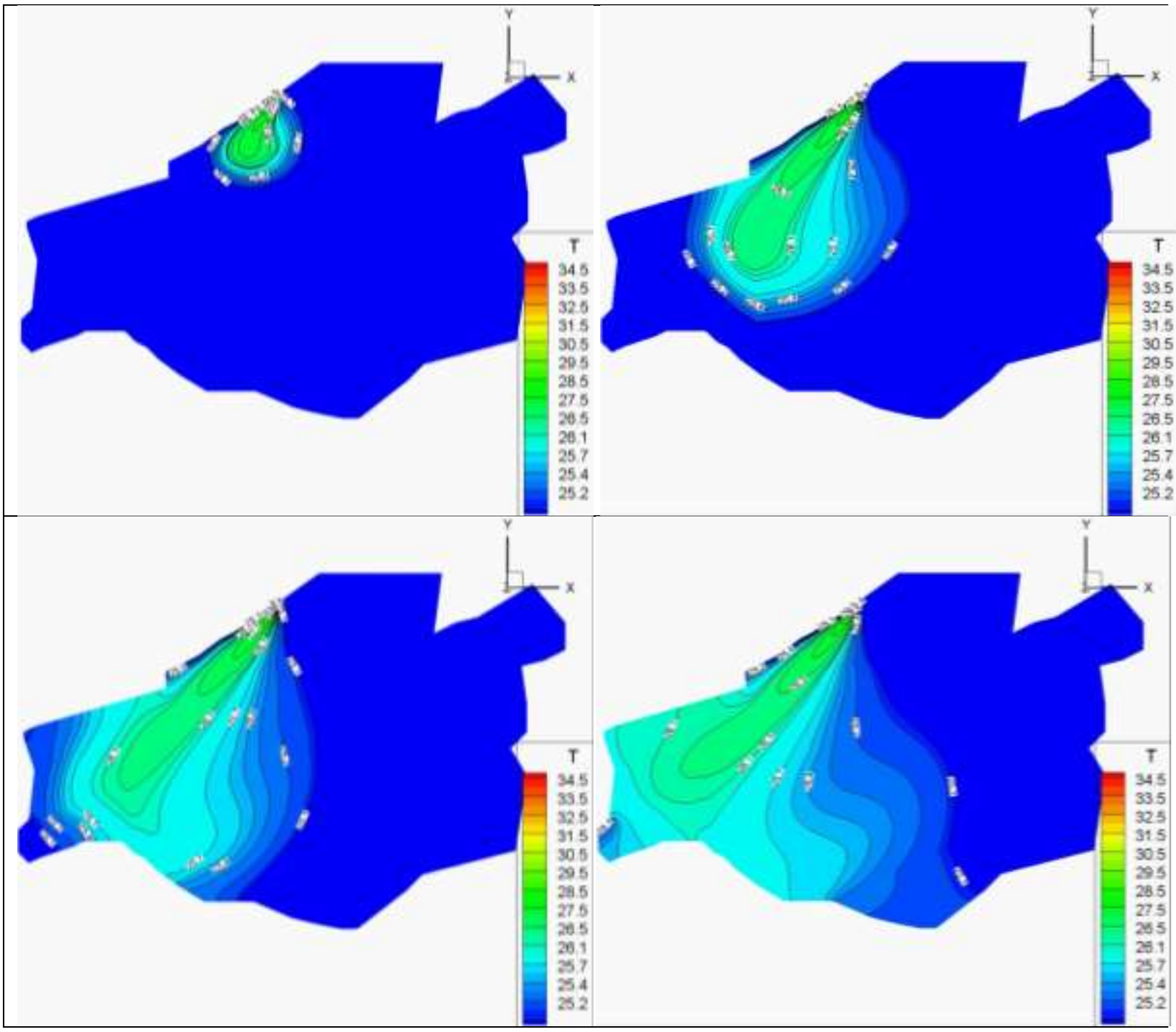


Рис. 3. Контур и изолиний распределения температуры через 1, 5, 10 и 24 ч. после старта работы ГРЭС-1, на поверхности воды для эксплуатационной мощности 1200 МВт.

Как видно из рисунков 2–3, при повышении эксплуатационной мощности ТЭС, площадь теплового воздействия становится направленным в одну сторону, и приводит к подогреву воды с одной части водоема, что отрицательно сказывается на работоспособности ТЭС. При эксплуатационной мощности 1200 МВт, температура распределяется в западную часть водоема и приближенно использует только половину водоема. При повышении эксплуатационной мощности Экибастузской ГРЭС-1 водоем-охладитель работает не эффективно, подогревая западную часть водоема, а остальная часть не участвует при охлаждении подогретой воды из ТЭС.

Таким образом, развитая модель трехмерного стратифицированного турбулентного течения позволяет выявить качественно и приближенно количественно основные закономерности гидротермических процессов, происходящих в водоемах.

1. Issakhov A. Mathematical Modelling of the Influence of Thermal Power Plant on the Aquatic Environment with Different Meteorological Condition by Using Parallel Technologies. Power, Control and Optimization. Lecture Notes in Electrical Engineering. Volume 239, – 2013, pp 165-179.

2. Issakhov A. Mathematical modelling of the influence of thermal power plant to the aquatic environment by using parallel technologies. AIP Conf. Proc. 1499, – 2012. pp. 15-18; doi: http://dx.doi.org /10.1063/ 1.4768963
3. Issakhov A. Mathematical modeling of influence of the thermal power plant with considering the meteorological condition at the reservoir-cooler. Вестник КазНУ -2012, – № 3(74) – С.50-59.
4. Lesieur M., Metais O., Comte P. Large eddy simulation of turbulence. New York, Cambridge University Press, 2005. 219 p.
5. Issakhov A. Large eddy simulation of turbulent mixing by using 3D decomposition method. Issue 4 (2011) *J. Phys.: Conf. Ser.* 318. pp. 1282-1288, 042051. doi:10.1088/1742-6596/318/4/042051
6. Chung T. J. Computational Fluid Dynamics. Cambridge University Press, 2002 – p. 1012.
7. Ferziger J. H., Peric M. Computational Methods for Fluid Dynamics. Springer; 3rd edition, 2013, –p. 426
8. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей: В 2-х томах: Т.2. – М.: Мир, 1991. 552 с.
9. Роуч П. Вычислительная гидродинамика. – М.: Мир, 1972. 612 с.
10. Пейре Р., Тейлор Т. Вычислительные методы в задачах механики жидкости. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. 352 с.
11. Исахов А. Прямое численное моделирование (DNS) турбулентных течений с использованием параллельных технологии. Вестник КазНУ -2012, – № 2(73) – С.81-91

Аңдатпа. *Жұмыста ЖЭС – тің сулы ортаға түсетін жылу салмағының математикалық моделі ұсынылған, ол Навье – Стокс және температура теңдеуімен стратификацияланған ортадағы сығылмайтын сұйық арқылы шешіледі. Сандық алгоритмі ақырлы көлем әдісімен аппроксимацияланатын, физикалық параметрлер бойынша ыдырау әдісіне негізделген. Бірінші кезеңде қозғалыс санының ауысуы конвекция мен диффузияның есебінен ғана болады деп болжанады. Аралық жылдамдық өрісі Рунге – Кутtаның бес қадамды әдісімен табылады. Екінші кезеңде табылған аралық жылдамдық өріс арқылы қысым өрісі табылады. Қысым өрісі үшін Пуассон теңдеуі Якоби әдісімен шығарылады. Үшінші кезеңде алмастыру қысым градиенті арқылы жүзеге асады деп болжаймыз. Алынған үшөлшемді стратификацияланған турбулентті ағыстың сандық нәтижелері су қоймаларында болып жатқан гидротермиялық процесстердің негізгі заңдылықтарын сапалы және айтарлықтай жуықтап алуға мүмкіндік береді.*
Түйін сөздер: *стратификацияланған орта, Навье-Стокс теңдеуі, ақырлы көлем әдісі, физикалық параметрлер бойынша ыдырау әдісі, Рунге-Кутта әдісі.*

Abstract. *This paper presents a mathematical model of the thermal discharge of TPP on the aquatic environment, which is solved by the equations of Navier - Stokes and temperature for an incompressible fluid in a stratified medium. Numerical algorithm based on the method of splitting by physical parameters, which discretize by the control volume method. In the first step it is assumed that the transfer of momentum carried out only by convection and diffusion. Intermediate velocity field is solved by 5-step Runge - Kutta method. At the second stage, based on the found intermediate velocity field, is solved the pressure field. Poisson equation for the pressure field is solved by Jacobi method. Finally at the third step is assumed that the transfer is carried out only by pressure gradient. The obtained numerical results of three-dimensional stratified turbulent flow reveals qualitatively and quantitatively approximate the basic laws of hydrothermal processes occurring in the aquatic environment.*
Keywords: *stratified medium, Navier-Stokes equations, finite volume method, splitting by physical parameters method, Runge-Kutta method.*

УДК 378.147:372.851

А.Р. Кабулова

ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА КАК ОРГАНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ВУЗА

(г.Алматы, Казахский национальный педагогический университет имени Абая)

Аннотация. *В данной статье рассмотрены пути совершенствования методического обеспечения педагогической практики, на этой основе приведены содержание, принципы организации и требования к самостоятельной работе студентов во время прохождения педагогической практики. Рассмотрены подходы к организации и проведению педагогической практики.*

Ключевые слова: *методика, педагогическая практика, профессиональные умения, современный урок.*

В условиях нового государственного образовательного стандарта РК перед высшей педагогической школой первоочередной стоит задача подготовки высококвалифицированных учительских кадров, обладающих достаточными теоретическими знаниями и креативными педагогическими способностями.

Одним из наиболее перспективных путей реализации этой задачи в педагогическом вузе является совершенствование профессиональной направленности обучения студентов. В связи с этим перед нами поставлена цель: осмыслить современное программное методическое обеспечение педагогической практики, отобрать на этой основе её содержание, принципы организации, требования к самостоятельной работе студентов во время прохождения педагогической практики.[1]

Раскрывая теоретические основы педагогической практики, осуществляющие инновационные подходы к её организации и проведению, цели, задачи и принципы организации педагогической практики необходимо дать методическое сопровождение данного процесса; подобрать и составить методические материалы к проведению педагогической практики; показать права и обязанности студента-практиканта, обязанности руководителей практики; схемы общего и аспектного видов анализа урока; дидактические требования к современному уроку; классификация уроков нетрадиционной формы; алгоритм подготовки урока; цели урока; основные типы уроков; основные виды уроков; выбор методов и приёмов обучения; основные этапы урока и т.д.

Педагогическая практика как органическая часть учебного процесса педагогического вуза является одним из средств успешной подготовки студентов к работе учителя и обеспечивает соединение теоретической и методической подготовки студентов с их практической деятельностью. Она дает возможность полнее осмыслить закономерности и принципы обучения и воспитания, овладеть профессиональными умениями и навыками, опытом практической работы, а также применением их в современных инновационных условиях.

Перед нами методистами - руководителями практики стоит задача как же решить вопросы ее организации по-новому, повысить ее роль в овладении студентами секретами профессионального мастерства, основами педагогической деятельности.

Педагогическая практика является завершающим этапом подготовки студентов вуза к работе в школе.

Многообразие образовательных учреждений, инновационные процессы, характерные для современной школы - все это предполагает подготовку профессионалов, владеющих современными педагогическими технологиями, способных к творчеству, имеющих индивидуальный стиль педагогической деятельности.

С учетом современных требований, предъявляемых к образовательным учреждениям, педагогам и профессиональной подготовке студентов, нами определены подходы к организации и проведению педагогической практики.

Ведущей идеей педагогической практики является развитие индивидуальных творческих способностей будущих учителей, становление индивидуального стиля педагогической деятельности. Реализацию этой идеи обеспечивает личностно-ориентированный подход к организации педагогической практики студентов, который предусматривает освоение практикантом различных профессиональных ролей с учетом формирования его мотиваций и наличия уровня индивидуальных способностей. Это предполагает индивидуализацию и дифференциацию обучения студентов, как в период практики, так и при подготовке к ней.[1]

Студенты нашего вуза проходят непрерывную педагогическую практику, начиная со второго курса. В этой связи, мы считаем, что необходимо обеспечить комплексный характер практики, означающий осуществление межпредметных связей философии, возрастной физиологии, психологии, педагогики, методики преподавания и специальных дисциплин, взаимосвязь теоретической подготовки и практической работы, сочетание различных видов деятельности студентов в школе по освоению системы профессиональных ролей.[2]

Реализовать эту идею на наш взгляд, возможно при соблюдении следующих принципов:

- преемственность, систематичность, непрерывность практической подготовки студентов;
- взаимосвязь и взаимопроникновение теоретической подготовки и практической деятельности студентов, интеграция учебной и исследовательской деятельности студентов;
- сочетание педагогического контроля, коллективного анализа деятельности студентов и их самоконтроля, самоанализа и самооценки;
- вариативность выбора содержания и форм деятельности практикантов;
- взаимодействие педагогических высших учебных заведений и базовых школьных учреждений.

В период педагогической практики студент осуществляет сбор материалов для выполнения курсовых и дипломных работ, экспериментальной обработке результатов своих исследований.

Содержанием педагогической практики студентов является изучение и освоение работы учителя математики. Исходя из поставленных задач, педагогическую практику мы разделили условно на следующие компоненты:

- подготовка к учебно-воспитательной деятельности;
- практика по учебному предмету;
- практика по воспитательной работе;
- участие в методической работе школы;
- научно-исследовательская работа.

Подготовка к учебно-воспитательной деятельности студента – практиканта начинается со знакомства с базовой школой, ее задачами и методической проблемой, над которой работает школа; системой работы, традициями, составом педагогического коллектива и правилами внутреннего распорядка; содержанием годового учебного плана работы. Определенную роль играет знакомство с закрепленным классом, учителем-предметником, классным руководителем; посещение уроков и различных видов внеурочной работы; также выполнение отдельных поручений учителя. Всё это сопровождается составлением студентом индивидуального плана работы на весь период педагогической практики.

Необходимы определенные средства и специально организованные условия, стимулирующие применение знаний, теоретическое осмысление студентами практической работы, а также обеспечивающие применение теоретических и методических знаний в их практической деятельности во время педагогической практики. Теоретические знания фундаментальных дисциплин и методические знания должны быть переведены на язык практических действий, то есть стать средством решения практических задач учителя. В этой связи содержание педагогической практики должно быть приведено также в соответствие с содержанием изучаемых в этот период психолого-педагогических дисциплин. [1]

Как было выше указано, успешность профессионального обучения в период педагогической практики обеспечивает принцип преемственности, систематичности, непрерывности, а это означает:

а) опору на личный опыт студента, учет уровня его подготовленности, приобретенных в предыдущей практике умений и навыков, возникших трудностей и проблем в педагогической деятельности;

б) включение в программу практики на каждом курсе содержания и форм деятельности, осваиваемых студентами в период предыдущей педагогической практики с целью углубления и закрепления полученных психолого-педагогических знаний и умений;

в) усложнение задач, содержания и форм деятельности студентов, отчетных заданий от курса к курсу;

г) формирование у студентов установок для прохождения педагогической практики, определение перспективных задач, обеспечивающих профессиональное становление студентов на практике;

д) создание условий, предпосылок для успешного освоения студентами программы педагогической практики.

Для прохождения практики по учебному предмету студенты закрепляются за учителями математики. Во второй компонент практики по учебному предмету входит:

- изучение учебных программ, учебников, методических рекомендаций, наглядных и дидактических пособий, педагогических программных средств;

- ознакомление с содержанием внеклассных занятий по предмету и методов их проведения; системой проведения работы учителя по предупреждению неуспеваемости, формами и методами учета знаний, критериями оценок, организацией домашних заданий и их дозированием;

- обязательное посещение и анализ занятий учителей, посещение и анализ уроков и внеклассных мероприятий по предмету студентов-практикантов на протяжении всего периода практики;

- знание классификации уроков, подготовка и проведение различных по типу уроков, подготовка и проведение внеклассных занятий по предмету;

- приобретение первоначальных умений по организации фронтальной, групповой и индивидуальной работы учащихся на уроке;

- выработка умений применять технические средства обучения;

- приобретение умения внедрять в практику своей работы передовой опыт учителей и учебных заведений на основе современного состояния науки и техники;

- особое внимание обращается: на выработку умения осуществлять единство образовательных и воспитательных задач на уроке; на умение связывать учебную работу с внеклассной (использование на уроках знаний, приобретенных учащимися на внеклассной работе, использование внеклассной работы для развития индивидуальных способностей), развития на основе их интересов или осознания выполненной работы.

Подготовке к любому уроку предшествует большая работа по изучению учебной программы, учебника, учебно-методической литературы, составление календарного плана, ознакомление с особенностями коллектива учащихся класса.[3]

Подготовка к уроку начинается с вдумчивого чтения соответствующего раздела программы, школьного учебника, с изучения методических пособий и дидактических материалов, изучение дополнительных источников, которые могут обогатить содержание урока.

Считаем необходимым показать студентам дидактические требования к современному уроку – четкое формулирование образовательных задач в целом и его составных элементов, их связь с развивающими и воспитательными задачами.[4] Для этого указываем на:

- определение места в общей системе уроков;
- определение оптимального содержания урока в соответствии с требованием учебной программы и целями урока, с учётом уровня подготовки и подготовленности учащихся;
- прогнозирование уровня усвоения учащимися научных знаний, сформированности умений и навыков, как на уроке, так и на отдельных его этапах;
- выбор наиболее рациональных методов, приёмов и средств обучения, стимулирования и контроля оптимального воздействия их на каждом этапе урока; выбор, обеспечивающий познавательную активность, сочетание различных форм коллективной и индивидуальной работы на уроке и максимальную самостоятельность в учении учащихся;
- реализацию на уроке всех дидактических принципов;
- создание условий успешного учения учащихся.

Для осуществления третьего компонента за время педагогической практики студент должен приобрести навыки целенаправленного наблюдения за учащимися в процессе их учебной, трудовой и общественной деятельности, овладеть умением ставить и решать конкретные задачи по воспитательной работе. Проводить беседы с учащимися в целях выявления направленности их интересов и потребностей. Участвует в проведении тематических вечеров, экскурсий, выполняет работы совместно с классным руководителем. Результаты изучения учащихся студент отражает в своем дневнике.

К специальному компоненту педагогической практики относятся индивидуальные задания по НИР. Студенту выдается индивидуальные задания. Задания должны быть непосредственно связаны с учебной исследовательской работой студентов и выполнятся в интересах научно-исследовательских работ кафедры. Целенаправленность процесса овладения педагогическими умениями и навыками усиливается, если практическая деятельность студентов приобретает исследовательский характер. В этой связи необходимо предлагать студентам выполнение научно-исследовательских заданий-проектов, например, выявить уровень развития математических способностей ученического коллектива и определить пути его совершенствования индивидуальные интеллектуальных способности школьника и наметить дальнейшее направление его развития и т.п. Выполнение исследовательских заданий становится для ряда студентов основой курсовых и дипломных работ.

1. Абылкасымова А.Е. Познавательная самостоятельность в учебной деятельности студента. Учебное пособие. – Алматы: Санат, 1998. – 160с.

2. Кабулова А.Р. Педагогическая практика. Учебно-методическое пособие. - Алматы:тип.РДБ им.С.Бегалина, 2012. -56 с.
3. Абылкасымова А.Е. Теория и методика обучения математике: дидактико-методические основы. Учебное пособие. – Алматы: Мектеп, 2013. – 224 с.
4. Абылкасымова А.Е. Современный урок. – Алматы: НИЦ «Ғылым», 2003. – 220 с.

Андатпа. *Мақалада математика, физика және информатика институтының студенттерін педагогикалық практикасын әдістемелік қамтамасыз ету сұрақтары қарастырылып, осы негізде практикадан өту барысында студенттердің өзіндік жұмыстарына қойылатын талаптар мен ұйымдастыру ұстанымдары, мазмұны келтірілген. Математика, физика және информатика оқыту әдістемесі кафедрасы әдіскерлерінің педагогикалық практиканы ұйымдастыру мен өткізу әдістері қарастырылған.*
Түйін сөздер: *әдістеме, педагогикалық практика, кәсіби білік, заманауи сабақ.*

Abstract. *This article discusses the methodological basis of the pedagogical practice of the students studying in the Institute of Mathematics, Physics and Computer science. Based on this, the author suggests the content, principles of organization and requirements for students' independent work during the practice. The article considers some approaches to organizing and conducting a pedagogical practice by the methodologists from the Chair of methods of teaching Mathematics, Physics and Computer science.*
Keywords*: methods, pedagogical practice, professional skills, modern lesson.*

УДК 517.957.517.962
И.А. Калиев[1], С.Е. Мухамбетжанов[2], Г.С. Сабитова[1]

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НЕРАВНОВЕСНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

(Башкортостан, г.Уфа, [1]Башкирский государственный угиверситет,
г. Алматы, [2]Казахский национальный университет имени аль-Фараби)

Аннотация. *Фильтрация в пористых средах жидкостей и газов, содержащих ассоциированные с ними (растворенные, взвешенные) твердые вещества, сопровождается диффузией этих веществ и массообменом между жидкой (газовой) и твердой фазами. Наиболее распространенными видами массообмена являются сорбция и десорбция, ионный обмен, растворение и кристаллизация, кольматация, сульфатация и суффозия, парафинизация. В работе рассматривается система уравнений, моделирующая процесс неравновесной сорбции. Сформулирована разностная аппроксимация дифференциальной задачи по неявной схеме. Решение разностной задачи строится с помощью метода прогонки. Опираясь на численные результаты можно сделать следующий вывод: при уменьшении времени релаксации решение неравновесной задачи стремится с ростом времени к решению равновесной задачи.*
Ключевые слова: *система уравнений неравновесной сорбции, разностная аппроксимация, неявная схема, метод прогонки, численные эксперименты.*

Введение

Практически все жидкости, встречающиеся в природе, представляют собой растворы, т.е. смеси двух или более веществ (компонентов). Фильтрация в пористых средах жидкостей и газов, содержащих ассоциированные с ними (растворенные, взвешенные) твердые вещества, сопровождается диффузией этих веществ и массообменом между жидкой (газовой) и твердой фазами. Наиболее распространенными видами масообмена являются сорбция и десорбция, ионный обмен, растворение и кристаллизация, кольматация, сульфатация и суффозия, парафинизация. С учетом особенностей физико-химического взаимодействия растворов с породами пласта рассматриваются задачи равновесной и неравновесной сорбции.

Постановка задачи

Пусть $m(x,t)$ - пористость среды, $0<m(x,t)\le 1$; поровое пространство заполнено раствором и твердой фазой, выпавшей в осадок из раствора; $c(x,t)$ - массовая концентрация определенного вещества в жидкой фазе (на единицу объема раствора); $s(x,t)$ - массовая концентрация твердой фазы этого вещества, выпавшей в осадок (на единицу объема пор).

В равновесных условиях, когда контакт между раствором и твердой фазой поддерживается достаточно длительное время, соотношения между концентрациями $c(x,t)$ в растворе и на сорбенте $s(x,t)$ определяется изотермой сорбции. При малых концентрациях раствора, величина абсорбции определяется линейной зависимостью - изотермой Генри $s=\Gamma c$, где Г>0 - некоторая постоянная величина, зависящая от физико-химических свойств среды (постоянная Генри).

Уравнения равновесной сорбции не всегда могут полностью характеризовать особенности поглощения и обмена веществ в двухфазной системе раствор - твердая фаза. В работах [1]-[3] были предложены математические модели для описания процессов неравновесной сорбции. При этом концентрация s твердой фазы связывается с концентрацией с в жидкой фазе уравнением

$$\frac{\partial s}{\partial t}=\frac{1}{\tau}(\Gamma c-s) \tag{1}$$

где положительная постоянная τ - характерное время релаксации, Г - постоянная Генри. Концентрация с вещества в растворе удовлетворяет уравнению

$$m\frac{\partial c}{\partial t}=D\Delta c-v\nabla c-\frac{\partial s}{\partial t}, \tag{2}$$

где $D(x,t)>0$ - коэффициент диффузии, $v(x,t)$ - вектор скорости фильтрации, которые считаются известными функциями указанных аргументов.

Пусть Ω - ограниченная область n-мерного пространства R^n с достаточно гладкой границей $S=\partial\Omega,\ Q_T=\Omega\times(0,T),\ T>0;\ S_T=S\times(0,T)$ - боковая поверхность цилиндра Q_T

Требуется найти функции $c(x,t)$, $s(x,t)$, определенные в области Q_T, удовлетворяющие в Q_T уравнениям (1), (2), начальным условиям

$$c(x,0)=c_0,\ x\in\Omega, \tag{3}$$

$$s(x,0)=s_0,\ x\in\Omega, \tag{4}$$

и граничному условию

$$c(x,t)=c_b(x,t),\ (x,t)\in S_T, \tag{5}$$

В работе [4] доказана глобальная однозначная разрешимость многомерной начально-краевой задачи (1)-(5), моделирующей процесс неравновесной сорбции.

Разностная аппроксимация дифференциальной задачи по неявной схеме

Рассмотрим одномерный случай по переменной x. В этом случае уравнение (2) перепишется в виде

$$m\frac{\partial c}{\partial t} = D\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - v\frac{\partial c}{\partial x} - \frac{\partial s}{\partial t} \tag{6}$$

Пусть концентрация вещества в жидкой фазе - функция $c(x,t)$ удовлетворяет начальному условию

$$c(x,0) = c_0,\ x \in (0,1), \tag{7}$$

и граничным условиям

$$c(0,t) = c_{b0}(t),\ c(1,t) = c_{b1}(t),\ \mathrm{t} \in [0,T], \tag{8}$$

а концентрация твердой фазы - функция $s(x,t)$ удовлетворяет начальному условию

$$s(x,0) = s_0,\ x \in (0,1), \tag{9}$$

Требуется найти решение $c(x,t)$, $s(x,t)$ уравнений (1) и (6) в прямоугольнике $(x,t) \in (0,1)\times(0,T)$, удовлетворяющее начальным условиям (7), (9) и граничным условиям (8).

Основным аппаратом численного решения уравнений с частными производными являются разностные методы. Для отыскания приближенного решения этой задачи рассмотрим прямоугольную сетку узлов, образуемую точками пересечения двух семейств параллельных прямых $x = ih,\quad i = \overline{0,k},\quad h = 1/k;\quad t = jq,\ j = \overline{0,p},\ q = T/p$.

Для каждого узла (i,j) обозначим $c_{i,j} = c(ih, jq)$, $\mathrm{s}_{i,j} = s(ih, jq)$ и запишем разностную аппроксимацию дифференциальных уравнений (1) и (6)

$$\frac{s_{i,j+1} - s_{i,j}}{q} = \frac{1}{\tau}\left(\Gamma c_{i,j} - s_{i,j}\right),\ i = \overline{0,k},\ j = \overline{0,p-1}, \tag{10}$$

$$m_{i,j}\frac{c_{i,j+1} - c_{i,j}}{q} = D_{i,j}\frac{c_{i+1,j+1} - 2c_{i,j+1} + c_{i-1,j+1}}{h^2} - \\ -v_{i.j}\frac{c_{i+1,j+1} - c_{i-1,j+1}}{2h} - \frac{s_{i,j+1} - s_{i,j}}{q} \tag{11}$$

Из уравнения (10) выразим $s_{i,j+1}$

$$s_{i,j+1} = s_{i,j}\left(1 - \frac{q}{\tau}\right) + \frac{q\Gamma}{\tau}c_{i,j} \tag{12}$$

Из уравнения (11) получим

$$\frac{q}{h}\left(\frac{v_{i,j}}{2} - \frac{D_{i,j}}{h}\right)c_{i+1,j+1} + \left(m_{i,j} + \frac{2D_{i,jq}}{h^2}\right)c_{i,j+1} - \\ -\frac{q}{h}\left(\frac{D_{i,j}}{h} + \frac{v_{i,j}}{2}\right)c_{i-1,j+1} = m_{i,j}c_{i,j} + s_{i,j} - s_{i,j+1} \tag{13}$$

Для нахождения значений $c_{i,j+1}$ на (j+1) слое из (13), сначала необходимо найти значение функции $s_{i,j+1}$ на этом же слое из (12).

Начальные и граничные условия (7), (9), (8) для функций $c(x,t)$, $s(x,t)$ можно переписать в виде

$$c_{i,0} = c_0(ih),\ s_{i,0} = s_0(ih),\ c_{0,j} = c_{b0}(jq),\ c_{k,j} = c_{b1}(jq),\ i = \overline{0,k},\ j = \overline{0,p}.$$

Метод прогонки для разностных уравнений

Введем следующие обозначения:

$$c_{i,j+1} = y_i,\ c_{i+1,j+1} = y_{i+1},\ c_{i-1,j+1} = y_{i-1},\ m_{i,j}c_{i,j} + s_{i,j} - s_{i,j+1} = \varphi_i,$$

$$-\frac{q}{h}\left(\frac{D_{i,j}}{h} + \frac{v_{i,j}}{2}\right) = a_i,\ m_{i,j} + \frac{2D_{i,j}q}{h^2} = b_i,\ \ -\frac{q}{h}\left(\frac{D_{i,j}}{h} - \frac{v_{i,j}}{2}\right) = d_i$$

Тогда (13) можно записать в виде системы (k+1) уравнений:

$$y_0 + 0\cdot y_1 = c_{0,j+1},$$

$$a_i y_{i-1} + b_i y_i + d_i y_{i+1} = \varphi_i, \quad i = \overline{1,k-1},$$

$$0\cdot y_{k-1} + y_k = c_{k,j+1}$$

т.е. для каждого $j = \overline{0,p-1}$ - это линейная система с трехдиагональной матрицей относительно переменных $y_0,\dots,y_k$. Решение существует, единственно и его можно найти с помощью метода прогонки.

Численные эксперименты

После построения разностной схемы были проведены численные расчеты. В качестве иллюстрации приведем результаты, соответствующие следующим данным: m=0.5 - пористость среды, D=1 - коэффициент дмффузии, v=0, - скорость фильтрации, Г=0,2 - постоянная Генри,

$c_0(x) = \sin \pi x,\ x \in (0,1);\ s_0(x) = 0,\ x \in (0,1);\ c_{b0}(t) = 0,\ c_{b1}(t) = 0,\ t \in (0,T),\ T = 0.15;\ h = 0.1$ - шаг по x, q=0.005 - шаг по t; $\tau_1 = 0.1,\ \tau_2 = 0.01$ - два значения характерного времени релаксации.

Графическая визуализация расчетов при $\tau = 0.1$ для $c(x,t)$ приведена на рис.1, а для $s(x,t)$ - на рис.2.

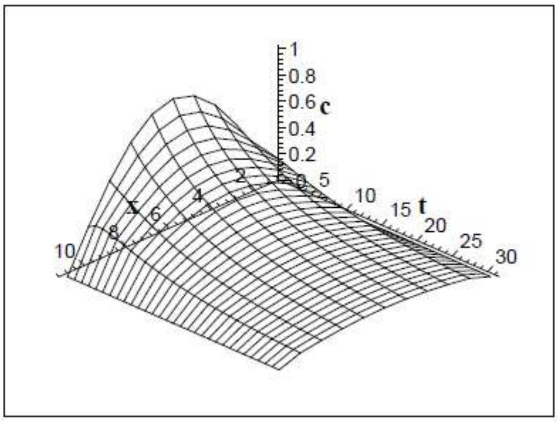


Рис.1.

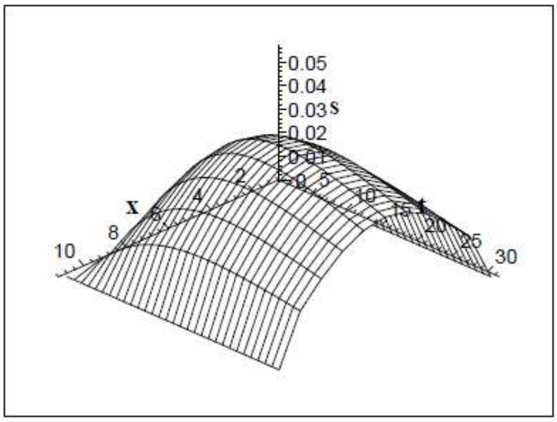


Рис.2.

Графическая визуализация расчетов при $\tau = 0.01$ для $c(x,t)$ приведена на рис.3, а для $s(x,t)$ - на рис.4.

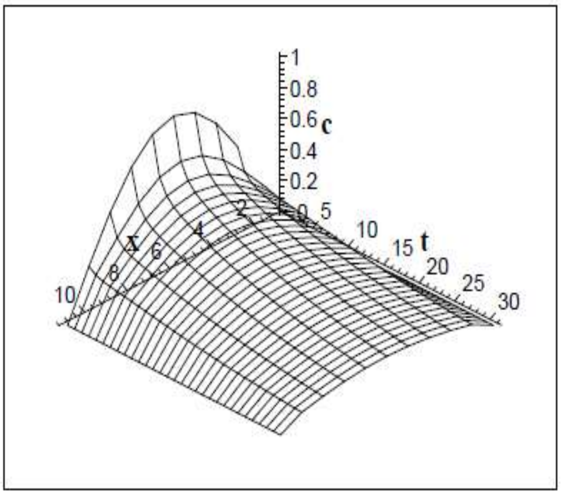


Рис.3

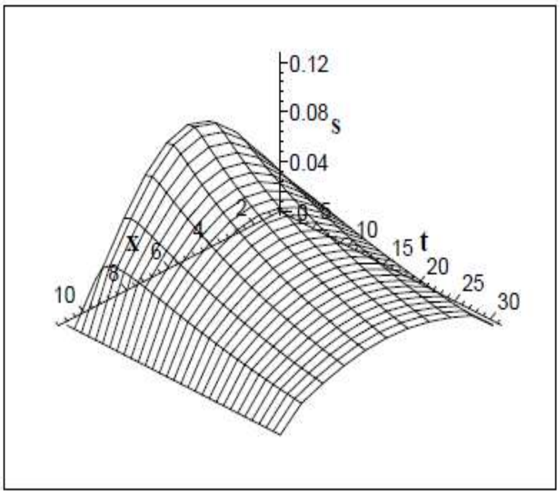


Рис.4

Заключение

Опираясь на численные результаты и их визуализацию в виде графиков, можно сделать следующие выводы. При уменьшении времени релаксации τ решение неравновесной задачи стремится с ростом времени к решению равновесной задачи, т.е. $s \to \Gamma c$. Полученные результаты позволяют подтвердить прогнозы теоретических исследований и результаты, полученные аналитическим путем.

1. Lapidus L., Amundson W.R. Mathematics of adsorption in beds. VI. The effect of longitudinal diffusion in ion exchange and chromatographic columns // J.Phys. Chem. 1952. V.56. P. 984-988.
2. Coats K.H., Smith B.D. Dead and pore volume and dispersion in porous media // Soc. Petrol. Eng. J. 1964. V. 4, N 1. P. 73-84
3. Развитие исследований по теории фильтрации в СССР /Под ред. П.Я. Полубариновой-Кочиной, М.: Наука, 1969, 546 с.
4. Калиев И.А., Сабитова Г.С. Об одной задаче неравновесной сорбции // Сибирский журнал индустриальной математики. 2003. Том VI, №1 (13). С. 35-39

Аңдатпа. *Тұжырымдама.Кеуек ортада сұйықтықтар мен газдардың сүзілуі, қатты заттарға ұқсас элементтерден құралға,бұл заттар сұйықтар мен қатты заттардың арасындағы массалмасу диффузия арқыыл жүреді.массалмасудың кең таралған түрлері сорбция және десорбция, иондықалмасу, ерітілу және де кристаллдану, кольматация, сульфатация және суффозия, парафинизация болып табылады.Бұл жұмыста теңдеулер жүйесі,теңөлшемсіз сорбцияның пішінінің процесстері қарастырылады. Дифференциалды есептер әртүрлі аппроксимациясы айқын емес сұлбада құрылған. Әртүрлі есептердің шешімі қуалау әдісі көмегімен құрылады. Есептеу нәтижеелріне сүйене отырып келесідей қорытынды жасасақ болады:теңөлшемсіз есептер шешімі үшін уақыт релаксациясынын төмендету арқылы уақыт өскенде өлшемді есептің шешіміне ұмтылады.*

Түйін сөздер: *теңөлшемсіз сорбцияның теңдеулер жүйесі, әртүрлі аппроксимация, айқын емес сұлба, қуалау әдісі,есептеу тәжірибелері.*

Abstract. *Filtration in porous media of fluids and gases containing associated with them (dissolved, particulate) solid substances, accompanied by the diffusion of these substances and mass transfer between the liquid (gas) and solid phases. The most common types of mass transfer are sorption and desorption, ion exchange, dissolution and crystallization, mudding, sulfation and suffusion, waxing. We consider the system of equations modeling the process of non-equilibrium sorption. Formulated difference approximation of differential problem by the implicit scheme. The solution of the difference problem is constructed using the sweep method. Based on the numerical results can conclude the following: with a decrease in the relaxation time of the non-equilibrium problem solution it tends with time to solution of the equilibrium problem.*

Keywords*: the system of equations of non-equilibrium sorption, difference approximation, the implicit scheme, sweep method, numerical experiments.*

Посвящается 70-летию Есена Ыкласовича Бидайбекова

УДК 378+51+517.9

В.С. Корнилов

ОБУЧЕНИЕ СТУДЕНТОВ ОБРАТНЫМ ЗАДАЧАМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ЗНАНИЙ ПО ФУНКЦИОНАЛЬНОМУ АНАЛИЗУ

(г. Москва, Московский городской педагогический университет)

Аннотация. *В статье акцентируется внимание на роль обучения студентов высших учебных заведений физико-математических специальностей обратным задачам математической физики в формировании фундаментальных знаний в области функционального анализа. Излагаются методические аспекты обучения студентов обратным задачам математической физики.*

Ключевые слова: *обучение обратным задачам математической физики, функциональный анализ, прикладная математика, студент вуза.*

В процессе обучения студенты физико-математических специальностей высших учебных заведений осваивают различные математические дисциплины, такие как математический анализ, численные методы, обыкновенные дифференциальные уравнения, уравнения математической физики, функциональный анализ и другие математические дисциплины. Функциональный анализ сформировался в начале XX века в результате обобщения различных понятий и методов математического анализа, алгебры и геометрии, является одним из важных разделов современной математики и в настоящее время находит обширные применения во многих областях естествознания, в том числе — в математической физике.

Фундаментальное значение в функциональном анализе отводится понятию оператора — обобщению понятия функции. Исследование общей теории операторов и является основным содержанием функционального анализа. Существенный вклад в создание и развитие функционального анализа внесли исследования П.С. Александрова, С. Банаха, О.В. Бесова, С. Бохнера, И.М. Гельфанда, Д. Гильберта, К.Т.В. Вейерштрасса, К. Иосиды, С.И. Кабанихина, Л.В. Канторовича, А.Н. Колмогорова, С.В. Ковалевской, Ж.Л. Лагранжа, Н.Н. Лузина, Л.А. Люстерника, В.Г. Романова, Ф. Риса, В.И. Смирнова, С.Л. Соболева, Л. Хёрмандера, Л. Шварца, Г.Е. Шилова и других ученых (см., например, [7–10, 13, 15–17]).

В процессе обучения функциональному анализу студенты знакомятся с конечномерными и бесконечномерными эвклидовыми пространствами, метрическими, нормированными, гильбертовыми, банаховыми пространствами, непрерывными операторами в метрических пространствах, линейными операторами, линейными функционалами, принципом сжатых отображений и другими элементами функционального анализа. Знакомятся с такими определениями и понятиями, как обобщенная функция, обобщенная производная, норма обобщенной функции, регуляризация обобщенной функции, обобщенное решение дифференциального уравнения, неподвижная точка, компактность, сходимость и другими понятиями и определениями элементов функционального анализа. Учатся производить оценки производных от обобщенных функций в различных нормах функциональных пространств, применять метод последовательных приближений и другие умения и навыки.

Как известно, одним из эффективных методов исследования окружающего мира является моделирование процессов и явлений при помощи математических моделей. Как правило, такие математические модели используют уравнения математической физики. С практической точки зрения здесь большой интерес представляют обратные задачи математической физики, теория которых является одной из современных областей прикладной математики. Обратные задачи математической физики с философской точки зрения — задачи определения неизвестных причин по известным следствиям, и поиски их решения обладают большим познавательным потенциалом. Фундаментальный вклад в развитие теории обратных задач математической физики внесли исследования А.С. Алексеева, А.В. Баева, Е.Ы. Бидайбекова, А.Л. Бухгейма, А.В. Гончарского, В.В. Васина, А.О. Ватульяна, С.И. Кабанихина, М.Г. Крейна, М.М. Лаврентьева, А.И. Прилепко, В.Г. Романова, А.Н. Тихонова, В.Г. Яхно и других ученых (см., например, [1, 2, 6, 8, 15, 16, 19]).

В настоящее время в некоторых вузах стран СНГ, в том числе и в педвузах, для студентов физико-математических и естественнонаучных направлений подготовки, для будущих учителей информатики и математики преподаются курсы по выбору, посвященные обратным задачам математической физики (см., например, [3–5, 6, 8, 11, 15, 16, 19]). В зависимости от профессиональной направленности подготовки таких студентов формируется содержание этих курсов. В ходе обучения студентами изучаются обратные задачи определения коэффициентов или неоднородных частей уравнения математической физики, определение граничных условий математической модели обратной задачи и другие обратные задачи математической физики.

Подобные обратные задачи могут рассматриваться для различных уравнений математической физики, среди которых гиперболические, параболические, эллиптические, квазилинейные, смешанные и другие уравнения математической физики. Искомые функции могут зависеть как от одной, так и от многих переменных и могут принадлежать различным функциональным пространствам. В зависимости от рассматриваемых математических и геофизических моделей, подобные обратные задачи могут быть одномерными или многомерными, все они обладают своими математическими особенностями и являются, как правило, некорректными. Отмеченные обстоятельства в значительной степени определяют выбор методов нахождения решения и доказательства корректности (условной корректности) обратной задачи математической физики. В процессе исследования обратных задач математической физики широко применяется математический и функциональный анализ, алгебра и геометрия, методы интегральных уравнений, методы дифференциального исчисления, методы математической физики, оптимизационные методы, численные методы и другие методы прикладной и вычислительной математики. Очевидно, что наличие у студентов базовых знаний в вышеотмеченных предметных областях в значительной степени определит эффективность обучения обратным задачам математической физики.

В процессе такого обучения студенты не только осваивают математические методы и приобретают навыки их применения при исследовании обратных задач математической физики, но и формируют фундаментальные знания по различным предметным областям, в том числе — по функциональному анализу. В процессе исследования обратных задач студенты оперируют такими базовыми понятиями функционального анализа, как обобщенная функция, аналитическая функция, норма функции, функциональное пространство, оператор, другими понятиями функционального анализа.

При обучении обратным задачам математической физики студенты осознают, что такие прикладные задачи имеют некоторые математические особенности. Одна из таких особенностей — нелинейность, которая, как правило, не позволяет получить точное решение обратной задачи в виде формулы. Методика исследования обратных задач предполагает поэтапное исследование свойств решения соответствующей прямой задачи, а затем — обратной. Строится замкнутая система уравнений обратной задачи в виде интегро-дифференциальных уравнений, которая может быть решена при помощи итерационных процессов, включающих в себя многократное решение соответствующих прямых задач. В дальнейшем студенты используют принцип сжимающих отображений, свойства норм в функциональных пространствах, доказывают сходимость функциональных рядов, применяют методы математической физики, интегральных уравнений Вольтерра, Фредгольма и другие математические методы. В завершение исследования обратных задач математической физики студенты анализируют полученные результаты и делают логические выводы прикладного и гуманитарного характера.

Подобные логические размышления в процессе такого обучения способствуют формированию у студентов умений и навыков в гуманитарном анализе характера загрязнения земной среды, водной среды и душного пространства, системы знаний о роли обратных задач математической физики в таком гуманитарном анализе. Неслучайно проблема формирования экологической культуры у студентов находит свое развитие в исследованиях не только экологов, но и математиков, физиков, биологов, философов и других специалистов. Среди них Н.В. Болотелов, Ю.И. Бродский, А.В. Гагарин, М.М. Еланова, А.В. Иващенко, И.С. Ильясова, Г.И. Кушникова, Л.В. Мантатова, Е.В. Муравьёва, Ю.Н. Павловский, А.П. Петров, Е.В. Рахматуллина, С.А. Степанов, С.М. Файрушина и другие ученые (см., например, [14, 18]).

Как известно, актуальность проблемы реализации межпредметных связей в процессе обучения в высших учебных учреждениях обуславливается необходимостью высокой степени интеграции общественных, естественнонаучных и технических знаний для осуществления инновационных педагогических технологий. Межпредметные связи в процессе обучения студентов реализуют комплексный подход к их воспитанию и обучению, устанавливают взаимосвязи между учебными предметами, раскрывают гносеологические проблемы. Неслучайно в настоящее время многие ученые и педагоги свои исследования посвящают проблеме реализации межпредметных связей, среди них В.В. Амелькин, Е.А. Алонцева, А.А. Гилев, Е.А. Глухова, Т.Г. Захарова, Р.Л. Исаев, О.Е. Кириченко, А.А. Князев, Я.М. Котляр, Л.Н. Крахт, И.А. Кузнецова, Ю.В. Мосин, Т.С. Рогожина, А.А. Столяр, М.А. Тарасова, Ф.Н. Федорова и другие (см., например, [12]).

В процессе обучения обратным задачам математической физики студентам объясняется, что сами математические модели обратных задач могут быть универсальными лишь тогда, когда они имеют синтаксический характер, то есть тогда, когда семантика, содержательные знания и смысл моделируемого процесса остаются вне модели. То есть без дополнительных разъяснений нельзя сказать, какой конкретно процесс она описывает. Это означает, что потенциал математического моделирования, накопленный при исследовании одних обратных задач, может быть успешно использован в исследовании других обратных задач математической физики. В процессе такого обучения студенты приобретают не только фундаментальные знания о методах и методологии исследования математических моделей обратных задач, но и формируют представления о математических моделях обратных задач как об универсальном средстве познания окружающего мира. Студенты формируют фундаментальные знания по таким важным понятиям, как формализация, моделирование, конструктивный алгоритм, корректность математической модели, локальная разрешимость обратной задачи и другим понятиям, встречающимся в предметных областях математики, информатики физики, экологии и других предметных областях, формирую мотивацию и стремление к знаниям желание к познанию окружающего мира т другие творческие способности.

В заключение отметим, что в процессе обучения обратным задачам математической физики студенты физико-математических и естественнонаучных направлений подготовки, будущие учителя информатики и математики приобретают новые фундаментальные знания и формируют профессиональные компетенции в области прикладной математики, в том числе и по функциональному анализу, нарабатывают навыки исследования корректности математических моделей обратных задач, логического и гуманитарного анализа полученных результатов исследования прикладных математических задач.

1. Бидайбеков Е.Ы., Романов В.Г. Некоторые обратные задачи магнитотеллурического зондирования для наклонно падающих плоских волн. I // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 1985. – Т. 25. – № 3. – С. 370–380.
2. Бидайбеков Е.Ы., Романов В.Г. Некоторые обратные задачи магнитотеллурического зондирования для наклонно падающих плоских волн. II // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 1985. – Т. 25. – № 4. – С. 535–547.
3. Бидайбеков Е.Ы., Корнилов В.С., Камалова Г.Б. Обучение будущих учителей математики и информатики обратным задачам для дифференциальных уравнений // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия «Информатика и информатизация образования». – 2014. – № 3 (29). – С. 57–69.
4. Бидайбеков Е.Ы., Корнилов В.С., Камалова Г.Б., Акимжан Н.Ш. Экспериментально-педагогическая деятельность при обучении студентов обратным задачам для дифференциальных уравнений // Вестник Казахского национального педагогического университета имени Абая. Серия «Физико-математические науки». – Алматы, 2014. – № 3 (47). – С. 76–80.
5. Бидайбеков Е.Ы., Корнилов В.С., Камалова Г.Б., Акимжан Н.Ш. Применение компьютерных технологий при обучении студентов вузов обратным задачам для обыкновенных дифференциальных уравнений // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Информатизация образования». – 2015. – № 2. – С. 57–72.
6. Ватульян А.О., Беляк О.А., Сухов Д.Ю., Явруян О.В. Обратные и некорректные задачи: учебник. – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2011. – 232 с.
7. Гельфанд И.Н., Шилов Г.Е. Пространства основных и обобщенных функций. – М.: ГИФМЛ, 1958. – 308 с.

8. Кабанихин С.И. Обратные и некорректные задачи: учебник для студентов вузов. — Новосибирск: Сибирское научное изд-во, 2009. – 458 с.
9. Канторович Л.В., Акилов Г.П. Функциональный анализ в нормированных пространствах. – М.: Физматгиз, 1959. – 684 с.
10. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа: учебник для студентов вузов. – М.: Физматлит, 2004. – 572 с.
11. Корнилов В.С. Обратные задачи в содержании обучения прикладной математике // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Информатизация образования». – 2014. – № 2. – С. 109–118.
12. Корнилов В.С., Левченко И.В., Свиридов М.С. Установление межпредметных связей информатики и прикладной математики при обучении будущих учителей информатики // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия «Информатика и информатизация образования». – 2015. – № 2 (32). – С. 52–56.
13. Мазья В.Г. Пространства С.Л. Соболева. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1985. – 415 с.
14. Муравьёва Е.В. Экологическое образование студентов технического вуза как базовая составляющая стратегии преодоления экологического кризиса: дисс… д-ра пед. наук. – Казань, 2008. – 343 с.
15. Романов В.Г. Обратные задачи математической физики. – М.: Наука, 1984. – 264 с.
16. Романов В.Г. Устойчивость в обратных задачах. – М.: Научный мир, 2005. – 304 с.
17. Трибель Х. Теория функциональных пространств. – М.: Мир, 1986. – 447 с.
18. Файрушина С.М. Формирование экологической культуры студентов педагогических вузов в процессе изучения естественнонаучных дисциплин: дисс.... канд. пед. наук. – Казань, 2007. – 217 с.
19. Юрко В.А. Введение в теорию обратных спектральных задач. – М.: Физматлит, 2007. – 384 с.

Аңдатпа. *Мақалада жоғары оқу орындарындағы физика-математика мамандығының студенттерін функционалдық талдау саласындағы іргелі білімді қалыптастыруда математикалық физиканың кері есептерін оқытудағы рөліне көңіл аударылады*
Түйін сөздер: *математикалық физиканың кері есептері, функционалдық талдау, қолданбалы математика, жоғары оқу орнының студенті*

Abstract. *In article the attention to a role of training of students of higher educational institutions of physical and mathematical specialties to the inverse problems of mathematical physics in formation of fundamental knowledge in the field of the functional analysis is focused. Methodical aspects of training of students to the inverse problems of mathematical physics are stated.*
Keywords: education of the inverse problems for the mathematical physics, functional analysis, applied mathematics, student of higher education institution.

УДК 551.34

А.Н. Кудайкулов, А. Ташев, А. Асхатулы

ОСНОВНЫЕ СООТНОШЕНИЯ АППРОКСИМАЦИОННЫХ ФУНКЦИЙ И ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ КОЭФФИЦИЕНТОМ ТЕПЛОВОГО РАСШИРЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ

(г.Астана, Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилёва,
г.Алматы, Казахский национальный технический университет имени К. И. Сатпаева,
г.Алматы, Казахстанско-Британский технический университет)

Аннотация. *В работе исследуются основные соотношения аппроксимационных функций физических величин. Выявлены свойства построенных функций, формы и их градиентов. Изучаются свойства функций формы в трехмерном случае. Приводятся фундаментальное обоснование о том, что функция дающее минимум функционалу является решением уравнения теплопроводности с соответствующими естественными граничными условиями.*

Ключевые слова: *аппроксимационная функция, температура, тепловое расширение*

Существующие методы исследования установившегося термомеханического состояния стержней ограниченной длины, не позволяют учета зависимости между коэффициентом теплового расширения и полем распределения температуры, условий эксплуатаций и закрепления. К текущему моменту не разработана математическая модель установившегося термомеханического состояния стержней, при вышеотмеченных условиях работы конструктивного элемента. Определяющие соотношения термоупругости слабо сжимаемых материалов рассмотрены в [1]. Для записи кинематических соотношений использовано разложение градиента места на силовую и температурную составляющие. Сжимаемость (не сжимаемость) материала определяется обобщенным модулем упругости, по величине которого можно судить о степени сжимаемости материала. В [2] рассматривается проблема прочностного расчета самокомпенсирующихся трубопроводов, уложенных в грунт, при нагреве. Полагается, что компенсация температурных удлинений происходит за счет изгибных деформаций трубопровода в упругой среде с соответствующим коэффициентом жесткости. Обзор результатов (полученных в последнее время) о точной и приближенной управляемости и стабилизации в системах с распределенными параметрами, описывающими процессы управляемости и стабилизации в теориях упругости, теплопроводности и термоупругости рассмотрен в [3].

В [4] описываются выдвигаемые тонко стенные стержни, используемые на космических аппаратах в качестве удлинителей для различных грузов и приборов, а также штанг гравитационной стабилизации. Рассмотрена связанная нелинейная задача сильного термоупругого изгиба и теплопроводности тонкостенного круглого стержня с учетом внешнего и внутреннего теплоизлучения и получено ее численное решение. Задача об определении температурных напряжений в трехслойной системе рассмотрена в [5]. Температура приложена к поверхности z=0. рассматривается осе симметричная стационарная задача.

Алгоритм расчета температурных напряжений и деформаций в круглых упругих элементах в виде трехслойных пластин, состоящих из жестких слоев, выполненных из разнородных материалов и соединенных между собой промежуточным слоем (клеевой или паянных шов), работающем на сдвиг дан в [6]. Исследовано напряженно-деформированное состояние слоев при температурном воздействии. Динамические задачи термоупругости для пространственных конструкций рассматриваются в [7].

Используется квазистатическая постановка задачи, связанная с термоупругостью, применяется метод конечных элементов в смешанной формулировке на основе принципа Хейленгера-Рейсснера.

Рассмотрим стержень длиной $\Delta x, (см)$. Поле распределения температуры в пределах этого участка будем рассматривать отдельно, как в рисунке 1.

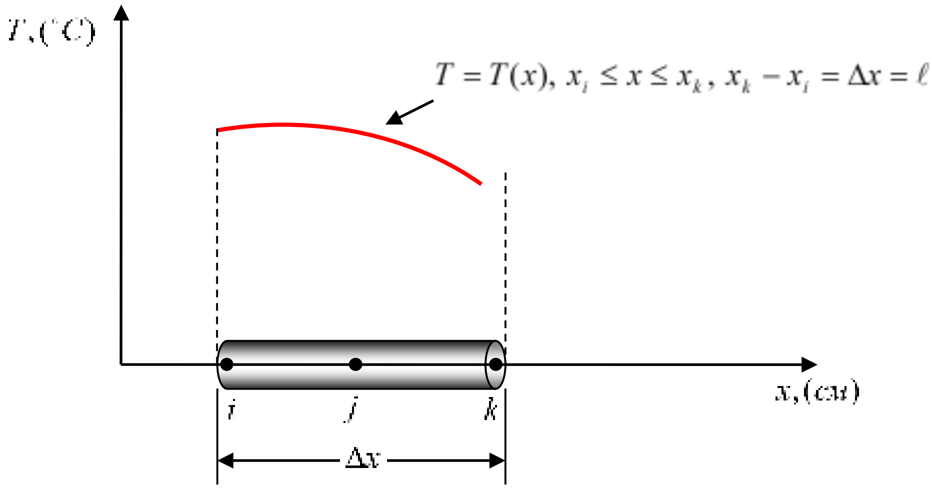


Рисунок 1- Поле распределения температуры на отрезке стержня

На рассматриваемом участке длиной Δx, возьмем сечения i, j и k с координатами $x = x_i$, $x = x_j$ и $x = x_k$. Тогда в пределах рассматриваемого участка поле распределения температуры $T = T(x)$ можем представить как кривую второго порядка, проходящую через три точки ($x = x_i$, $x = x_j$ и $x = x_k$) [8,9].

$$T(x) = a + bx + cx^2,\ x_i \le x \le x_k,\ a, b, c - const. \tag{1}$$

При этом, считая, что значения температуры в узлах $x = x_i$, $x = x_j$ и $x = x_k$ будут $T(x_i) = T_i,\ T(x_j) = T_j,\ T(x_k) = T_k$, из (1.1) имеем

$$\begin{cases} a + bx_i + cx_i^2 = T_i \\ a + bx_j + cx_j^2 = T_j \\ a + bx_k + cx_k^2 = T_k. \end{cases} \tag{2}$$

Учитывая, что $x_i = 0$, $x_j = \frac{\ell}{2}$, $x_k = \ell$ и решая последнюю систему уравнений, находим значения констант a, b, c. Подставляя их в выражение (1), после упрощения получим, что [8, 9]

$$T(x) = \varphi_i(x) \cdot T_i + \varphi_j(x) \cdot T_j + \varphi_k(x) \cdot T_k, \quad 0 \le x \le \ell. \tag{3}$$

где

$$\varphi_i(x) = \frac{\ell^2 - 3\ell x + 2x^2}{\ell^2};\ \varphi_j(x) = \frac{4(\ell x - x^2)}{\ell^2};\ \varphi_k(x) = \frac{2x^2 - \ell x}{\ell^2},\ 0 \le x \le \ell. \tag{4}$$

Эти функции называются функциями формы для квадратичного конечного элемента с тремя узлами [9]. Следует отметить, что эти функции формы имеют следующие свойства:

$$\begin{cases}\varphi_i(x)=1\\ \varphi_j(x)=0 \ при \ x=x_i,\\ \varphi_k(x)=0\end{cases} \quad \begin{cases}\varphi_i(x)=0\\ \varphi_j(x)=1 \ при \ x=x_j,\\ \varphi_k(x)=0\end{cases} \quad \begin{cases}\varphi_i(x)=0\\ \varphi_j(x)=0 \ при \ x=x_k.\\ \varphi_k(x)=1\end{cases} \quad (5)$$

И для любого *x,* принадлежащих к интервалу $x_i \leq x \leq x_k$ всегда имеет место что

$$\varphi_i(x)+\varphi_j(x)+\varphi_k(x)=1. \quad (6)$$

Также функции формы имеют следующие свойства. Для любой точки интервала $0 \leq x \leq \ell$, т.е. в пределах каждого конечного элемента имеет место

$$\frac{\partial\varphi_i(x)}{\partial x}+\frac{\partial\varphi_j(x)}{\partial x}+\frac{\partial\varphi_k(x)}{\partial x}=0. \quad (7)$$

Пользуясь соотношениями (4) докажем это тождество.

$$\frac{\partial\varphi_i(x)}{\partial x}=\frac{1}{\ell^2}(-3\ell+4x); \quad \frac{\partial\varphi_j(x)}{\partial x}=\frac{4}{\ell^2}(\ell-2x); \quad \frac{\partial\varphi_k(x)}{\partial x}=\frac{1}{\ell^2}(4x-\ell). \quad (8)$$

Далее находим сумму. Действительно, получим, что

$$\frac{\partial\varphi_i(x)}{\partial x}+\frac{\partial\varphi_j(x)}{\partial x}+\frac{\partial\varphi_k(x)}{\partial x}=\frac{1}{\ell^2}[-3\ell+4x+4\ell-8x+4x-\ell]=0.$$

Выше приведенные свойства функции форм обеспечат непрерывности искомых функции при переходе от одного элемента к следующему. По аналогии, поле распределения упругих перемещений в интервале $x_i \leq x \leq x_k$ также можно представить в виде

$$u(x)=\varphi_i(x)\cdot u_i+\varphi_j(x)\cdot u_j+\varphi_k(x)\cdot u_k, \quad (9)$$

где u_i, u_j, u_k являются перемещениями сечений по координате, которые являются координатами соответственно узлов *i, j, k.* Здесь, также следует отметить, что вышеприведенные свойства функций форм позволяют обеспечить непрерывности поле упругих перемещений при переходе от одного элемента к соседнему элементу.

Запишем теперь общие уравнения, описывающие установившиеся процессы распространения тепла. Из общего курса термодинамики известно, что, в общем, случае установившийся процесс поля распределения температур в трехмерном теле описываются следующим квазигармоническим дифференциальным уравнением в частных производных параболического типа [9-11]

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(K_{xx}\frac{\partial T}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K_{yy}\frac{\partial T}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(K_{zz}\frac{\partial T}{\partial z}\right)+Q=0 \quad (10)$$

с граничными условиями

$$T=T_{гр} \ на \ S_1 \quad (11)$$

$$K_{xx}\frac{\partial T}{\partial x}\ell_x+K_{yy}\frac{\partial T}{\partial y}\ell_y+K_{zz}\frac{\partial T}{\partial z}\ell_z=0 \ на \ S_2 \quad (12)$$

$$K_{xx}\frac{\partial T}{\partial x}\ell_x+K_{yy}\frac{\partial T}{\partial y}\ell_y+K_{zz}\frac{\partial T}{\partial z}\ell_z+q=0 \ на \ S_3 \quad (13)$$

$$K_{xx}\frac{\partial T}{\partial x}\ell_x+K_{yy}\frac{\partial T}{\partial y}\ell_y+K_{zz}\frac{\partial T}{\partial z}\ell_z+h(T-T_{oc})=0 \ на \ S_4 \quad (14)$$

где $S=S_1+S_2+S_3+S_4$- площадь внешней поверхности рассматриваемого тела, $T=T(x,y,z)$- температура в точке с координатой x, y, z, $T_{гр}$-заданная температура в точках на части наружной поверхности S_1; q-заданный тепловой поток в точках наружной поверхности S_3; ℓ_x, ℓ_y, ℓ_z- направляющие косинусы наружной поверхности S_2, S_3 или S_4; *h*- коэффициент теплообмена, через точки поверхности S_4 с окружающей средой; T_{oc}- температура окружающей среды; K_{xx}, K_{yy}, K_{zz}- коэффициент теплопроводности соответственно по направлению осей координат *x*, *y* и *z*; *Q*- внутренний источник тепла.

Таким образом, нахождение закона распределения поле температур в трехмерном теле при наличии внутреннего источника тепла, теплового потока, температуры и конвективного теплообмена приводится к определению функции $T = T(x, y, z)$, которая внутри тела удовлетворяет уравнение (10), а в точках наружных поверхностей S_1, S_2, S_3 и S_4 удовлетворяет соответственно граничные условия (11)-(14).

Кроме того, исходя из курса вариационного исчисление можно доказать, что именно такая функция дает минимум, следующему функционалу

$$J_1 = \int_V \frac{1}{2}\left\{\frac{\partial}{\partial x}\left[K_{xx}\frac{\partial T}{\partial x}\right] + \frac{\partial}{\partial y}\left[K_{yy}\frac{\partial T}{\partial y}\right] + \frac{\partial}{\partial z}\left[K_{zz}\frac{\partial T}{\partial z}\right] - 2QT\right\}dV + \int_S\left[qT + \frac{h}{2}(T - T_{oc})^2\right]dS \quad (15)$$

В общем случае рассмотрим это доказательство. С этой целью рассмотрим следующий функционал

$$J_2 = \int_V F(x,\ y,\ z,\ \varphi_x,\ \varphi_y,\ \varphi_z)dV, \quad (16)$$

где $\varphi_x = \frac{\partial\varphi}{\partial x}$; $\varphi_y = \frac{\partial\varphi}{\partial y}$; $\varphi_z = \frac{\partial\varphi}{\partial z}$; или

$$\delta\varphi_x = \frac{\partial}{\partial x}(\delta\varphi);\ \delta\varphi_y = \frac{\partial}{\partial y}(\delta\varphi);\ \delta\varphi_z = \frac{\partial}{\partial z}(\delta\varphi). \quad (17)$$

Как известно варьирования J_2 вызывает изменение *F*, то есть

$$\delta J_1 = \int_V\left[\frac{\partial F}{\partial\varphi}\delta\varphi + \frac{\partial F}{\partial\varphi_x}\delta\varphi_x + \frac{\partial F}{\partial\varphi_y}\delta\varphi_y + \frac{\partial F}{\partial\varphi_z}\delta\varphi_z\right]dV. \quad (18)$$

Далее подставляя (17) в (18) получим

$$\delta J_1 = \int_V\left[\frac{\partial F}{\partial\varphi}\delta\varphi + \frac{\partial F}{\partial\varphi_x}\cdot\frac{\partial}{\partial x}(\delta\varphi) + \frac{\partial F}{\partial\varphi_y}\cdot\frac{\partial}{\partial y}(\delta\varphi) + \frac{\partial F}{\partial\varphi_z}\cdot\frac{\partial}{\partial z}(\delta\varphi)\right]dV =$$

$$= \int_V\frac{\partial F}{\partial\varphi}\delta\varphi dV + \int_V\frac{\partial F}{\partial\varphi_x}\cdot\frac{\partial}{\partial x}(\delta\varphi)dV + \int_V\frac{\partial F}{\partial\varphi_y}\cdot\frac{\partial}{\partial y}(\delta\varphi)dV + \int_V\frac{\partial F}{\partial\varphi_z}\cdot\frac{\partial}{\partial z}(\delta\varphi)dV =$$

$$= \delta J_{21} + \delta J_{22} + \delta J_{23} + \delta J_{24}. \quad (19)$$

Применяя процедуру интегрирования по частям для вычисления интеграла δJ_{22}, получим

$$\delta J_{22} = \int_V\frac{\partial F}{\partial\varphi_x}\cdot\frac{\partial}{\partial x}(\delta\varphi)dV = \int_{y_1}^{y_2}dy\int_{z_1(y)}^{z_2(y)}dz\int_{x_1(y,z)}^{x_2(y,z)}\frac{\partial F}{\partial\varphi_x}\cdot\frac{\partial}{\partial x}(\delta\varphi)dx \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left| \begin{array}{l} u = \dfrac{F}{\partial \varphi_x}; \\ du = \dfrac{\partial}{\partial x}\left(\dfrac{\partial F}{\partial \varphi_x}\right)dx \\ dV = \dfrac{\partial}{\partial x}(\delta u)dx \\ V = \delta\varphi \end{array} \right| \Rightarrow \int_{y_1}^{y_2} dy \int_{z_1(y)}^{z_2(y)} dz \left[\left(\frac{\partial F}{\partial \varphi}\delta\varphi\right)\Bigg|_{x_1(y,z)}^{x_2(y,z)} - \int_{x_1(y,z)}^{x_2(y,z)} \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial F}{\partial \varphi_x}\right)\delta\varphi\, dx \right] =$$

$$= \int_{y_1}^{y_2} dy \int_{z_1(y)}^{z_2(y)} \left(\frac{\partial F}{\partial \varphi_x}\delta\varphi\right)\Bigg|_{x_1(y,z)}^{x_2(y,z)} dz - \int_{y_1}^{y_2} dy \int_{z_1(y)}^{z_2(y)} dz \int_{x_1(y,z)}^{x_2(y,z)} \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial F}{\partial \varphi_x}\right)\delta\varphi\, dx. \qquad (20)$$

С другой стороны

$$\left(\frac{\partial F}{\partial \varphi_x}\delta\varphi\right)\Bigg|_{x_1(y,z)}^{x_2(y,z)} = \int_{x_1(y,z)}^{x_2(y,z)} \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial F}{\partial \varphi_x}\delta\varphi\right)dx. \qquad (21)$$

Подставляя (21) в (20), и применяя классическую формулу Остроградского – Гаусса

$$\iiint_V \left(\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} + \frac{\partial R}{\partial z}\right)dxdydz = \iint_S (P\cos\alpha + Q\cos\beta + R\cos\gamma)dS. \qquad (22)$$

Применяя аналогичные процедуры относительно для δJ_{23} и δJ_{24}, и подставляя результирующие в (19) получим

$$\delta J_2 = \int_V \left[\frac{\partial F}{\partial \varphi} - \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial F}{\partial \varphi_x}\right) - \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial F}{\partial \varphi_y}\right) - \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial F}{\partial \varphi_z}\right)\right]\delta\varphi dV +$$

$$+ \left[\frac{\partial F}{\partial \varphi_x}\ell_x + \frac{\partial F}{\partial \varphi_y}\ell_y + \frac{\partial F}{\partial \varphi_z}\ell_z\right]\delta\varphi dS. \qquad (23)$$

На основании основной теоремы вариационного исчисления функционал J_2 достигает свое стационарное значение только при условии

$$\begin{cases} \dfrac{\partial F}{\partial \varphi} - \dfrac{\partial}{\partial x}\left(\dfrac{\partial F}{\partial \varphi_x}\right) - \dfrac{\partial}{\partial y}\left(\dfrac{\partial F}{\partial \varphi_y}\right) - \dfrac{\partial}{\partial z}\left(\dfrac{\partial F}{\partial \varphi_z}\right) = 0 \\ \dfrac{\partial F}{\partial \varphi_x}\ell_x + \dfrac{\partial F}{\partial \varphi_y}\ell_y + \dfrac{\partial F}{\partial \varphi_z}\ell_z = 0 \quad на \;\; S. \end{cases} \qquad (24)$$

Теперь вернемся к функционалу (15). Введем следующие обозначения

$$\begin{cases} \dfrac{\partial F}{\partial \varphi} = -2Q \\ \dfrac{\partial}{\partial x}\left(\dfrac{\partial F}{\partial \varphi_x}\right) = \dfrac{\partial}{\partial x}\left(2K_{xx}\dfrac{\partial T}{\partial x}\right) = 2\dfrac{\partial}{\partial x}\left(K_{xx}\dfrac{\partial T}{\partial x}\right) \\ \dfrac{\partial}{\partial y}\left(\dfrac{\partial F}{\partial \varphi_y}\right) = \dfrac{\partial}{\partial y}\left(2K_{yy}\dfrac{\partial T}{\partial y}\right) = 2\dfrac{\partial}{\partial y}\left(K_{yy}\dfrac{\partial T}{\partial y}\right) \\ \dfrac{\partial}{\partial z}\left(\dfrac{\partial F}{\partial \varphi_z}\right) = \dfrac{\partial}{\partial z}\left(2K_{zz}\dfrac{\partial T}{\partial z}\right) = 2\dfrac{\partial}{\partial z}\left(K_{zz}\dfrac{\partial T}{\partial z}\right). \end{cases} \qquad (25)$$

Тогда из (15), (25) и из условия (24) получим

$$\begin{cases} -Q-\dfrac{\partial}{\partial x}\left(K_{xx}\dfrac{\partial T}{\partial x}\right)-\dfrac{\partial}{\partial y}\left(K_{yy}\dfrac{\partial T}{\partial y}\right)-\dfrac{\partial}{\partial z}\left(K_{zz}\dfrac{\partial T}{\partial z}\right)=0 \\ K_{xx}\dfrac{\partial T}{\partial x}\ell_x+K_{yy}\dfrac{\partial T}{\partial y}\ell_y+K_{zz}\dfrac{\partial T}{\partial z}\ell_z+q+h(T-T_{oc})=0 \end{cases} \text{ на } S. \quad (26)$$

Что и требовалась доказать.

Из общего курса теплофизики известно, что установивший процесс распределения тепла в одномерных конструкционных элементах описывается дифференциальным уравнением квазигармонического вида параболического типа. Из (10) имеем

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(K_{xx}\frac{\partial T}{\partial x}\right)+Q=0, \quad (27)$$

со следующими граничными условиями

$$T=T_{гр} \text{ на } S_1, \quad (28)$$

$$K_{xx}\frac{\partial T}{\partial x}\ell_x+q+h(T-T_{oc})=0 \text{ на } S_2, \quad (29)$$

где K_{xx} - коэффициент теплопроводности материала стержня, размерность которого $(Вт/(см\cdot°C))$; Q – внутренний источник тепла, размерность которого $(Вт/(см\cdot°C))$; T_{oc} - температура окружающей точек поверхности S_2, размерность которого $(°C)$; $T_{гр}$- температура на поверхности S_1, которая считается заданной и размерность которого $(°C)$; ℓ_x - направляющие косинусы рассматриваемой поверхности поперечного сечения стержня; q - заданный тепловой поток на определенной поверхности стержня, размерность которого $(Вт/см^2)$. Кроме того, если тепловой поток подводится к некоторой поверхности стержня, то он берется со знаком минус, а если отводится от стержня, то со знаком плюс; h - значение коэффициента теплообмена стержня с его окружающей средой, размерность которого $(Вт/(см^2\cdot°C))$. Определенные участки стержня может окружать вода, грунт, песок, лед и т.д. В каждом случае значение коэффициента теплообмена стержня с его окружающей средой будет разным.

Здесь следует отметить, что в граничном условии (29) одновременно не может быть заданы q и h. Если на некоторой поверхности стержня задано значения q, то на этой поверхности h будет равно нулю, и обратно, т.е. где задано значения h, то там значение $q=0$.

Из курса вариационного исчисления известно, что решение уравнения (27) дает минимум следующему функционалу

$$J=\int_V\frac{1}{2}\left[K_{xx}\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)^2-2QT\right]dV+\int_S\left[qT+\frac{h}{2}(T-T_{oc})^2\right]dS. \quad (30)$$

Тогда если мы находим функцию $T=T(x)$, которая даст минимум функционалу (32), то она является решением уравнения (27) и будет одновременно удовлетворять граничным условиям (28) и (29). Здесь следует отметить, что интеграл по поверхности (S) в выражении (30) в общем случае пишутся следующим образом

$$J_S=\int_S\left[qT+\frac{h}{2}(T-T_{oc})^2\right]dS=\int_{S_i}q_i\cdot TdS+\int_{S_j}\frac{h_i}{2}(T-T_{oci})^2dS, \quad (31)$$

и учитывая это выражения

$$J = \int_V \frac{K_{xx}}{2}\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)^2 dV + \int_{S_i} q_i \cdot TdS + \int_{S_j} \frac{h_i}{2}\left(T - T_{oci}\right)^2 dS\,, \quad (32)$$

где S_i - площадь на котором подведены соответствующие тепловые потоки с интенсивностью q_i. S_j - площадь через которых происходит теплообмен с окружающими их сред. h_i - соответствующие коэффициенты теплообменов. T_{oci} - температура соответствующих окружающих сред. Поэтому любое поле распределения температуры, при котором функционал (32), становится минимальным, также удовлетворяет дифференциальным уравнениям и, таким образом является решением поставленной задачи.

1. Михлин С.Г. Вариационно-сеточная аппроксимация//Численные методы и автоматическое программирование.: сб. записки научных семинаров, ЛОМИ.-М.: Наука, т. 48, 1974. – С.32-188.
2. Дьяконов Е.Г. Проекционно-разностные и разностные методы решения нелинейных стационарных задач теории упругости и пластичности // Численные методы механики сплошной среды.: сб.науч.тр. - т.7, 1976. - №5. - С.14-78.
3. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. - М.: Наука, 1977. - 215с.
4. Дьяконов Е.Г. О некоторых модификациях проекционно-разностных методов//Вестник Московского унив., сер. «Вычислительная математика и кибернетика». – 1977. - № 2. – С.3-19.
5. Fung Y.C. Foundations of Solid Mechanics, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1965. - 195p.
6. Huebner K.H. The Finite Element Method for Engineers, Wiley, N.Y., 1975. -187 p.
7. Pars L.A. An Introduction to the Calculus of Variations, Heineman, London, 1962. - 224 p.
8. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. - М.: Мир, 1975. - 541с.
9. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. – М.: Мир, 1979. -392с.
10. Ноздрев В.Ф. Курс термодинамики. - М.: Мир, 1967. - 247с.
11. Кудайкулов А.К. Математическое (конечно-элементное) моделирование прикладных задач распространения тепла в одномерных конструктивных элементах. – Туркестан.: Байтерек, 2009. – 168 с.

Аңдатпа. *Бұл жұмыста физикалық шамалардың аппроксимациялық функцияларының негізгі арақатынастары құрастырылған. Құрастырылған функциялардың қасиеттері, пішіні және олардың градиенттері анықталды. Үшөлшемді кеңістікте пішін функциясының қасиеттері зерттеледі. Функционалға минимум мән беретін функция сәйкес табиғи шекаралық шарттарымен жылуөткізгіштік теңдеуінің шешімі болып табылатындығы туралы фундаменталды түсінiктiмiсі көрсетілген.*

Түйін сөздер:: *аппроксимациялық функция, температура, жылу кеңею*

Abstract. *In this work the basic relationships of approximation functions of physical values are constructed. The property of constructed functions, shapes and their gradients are identified. We study the properties of functions in the form of three-dimensional case. We provide the fundamental justification that a function gives the minimum to functional, is a solution of the heat equation with the corresponding natural boundary conditions.*

Keywords: *approximation function, temperature, thermal expansion*

ӘОЖ 378:372.8:517.54

Е.У. Медеуов[1], В.А. Далингер[2], Н.К. Абишев*

МАТЕМАТИКА (БІЛІМ БЕРУ) МАМАНДЫҒЫ БОЙЫНША БАКАЛАВРЛАРҒА АНАЛИТИКАЛЫҚ ФУНКЦИЯ ТЕОРИЯСЫН КӘСІБИ БАҒДАРЛАП ОҚЫТУДАҒЫ ІС-ӘРЕКЕТТІК ТӘСІЛ

([1]Алматы қ.,Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті,
[2]Омск қ., Омск мемлекеттік педагогикалық универститеті, Ресей, *-докторант)

Аңдатпа. *Мақалада Қазақстан Республикасының жалпыға міндетті мемлекеттік стандарттары: Жоғары білім; Бакалавриат негізінде жаңа білім беруге көшу жағдайында математика мамандығы бойынша бакалаврларды оқыту мәселелері қарастырылған. Оқытуға деген әрекеттік тәсілге ерекше көңіл бөлініп, соған орай адам дамуы оның қолы жетерліктей іс-әрекет түрлері мен формаларының шеңберін кеңейту тұрғысынан қарастырылған. Онда оқушылардың өз бетіндік жұмыстарының бірнешет үрі, атап айтсақ: үлгі бойынша, вариативті, орындауға нұсқаулыбы бар, шығармашылық түрлері қарастырылған. Бакалаврларға арналған өз бетіндік шығармашылық жұмыстардың мазмұны математиканың «Аналитикалық функция теориясы» атты бөлімінде келтірілген. Мақалада оқытудың белсенді технологияларына, іс-әрекеттік тәсілге назар аударылады. Бұл технологиялар оқытушының рөлінде мысалы: ақпарат берушінің рөлі орнына менеджер, тьютер, фасилитатор рөлі және оқушының рөлінде мысалы: ақпарат мақсат емес, кәсіби әрекеттер мен амалдарды меңгеруге арналған құрал ретінде өзгереді.*

Түйін сөздер: *бакалаврларды оқытудағы әрекеттік тәсіл, өзіндік жұмыс жасауға арналған тапсырмалар, аналитикалық функция теориясы бойынша өзіндік шығармашылық жұмыстар, оқу жобалары.*

Жоғары кәсіби, оның ішінде педагогикалық білім беруде проблемаларды, қалыптасып қалған стереотиптерді жеңіп шығу міндетті түрде педагогикалық интелектуалдық мәдениетсіз мүмкін емес.

Бүкіл әлемде, соның ішінде Қазақстанда білім беру жүйесінде ауқымды өзгерістер өтуде. Мұндай өзгерістер білім беру жүйесінің барлық деңгейлеріне әсер етіп, ең алдымен, жоғары кәсіби білім беру жүйесіне әсерін тигізбей қойған жоқ.

Еуропада кеңесі 1996 жылы бітірушілерде бар болуы білім мақсаты болып табылатын бес басты құзыреттілікті тұжырымдады.

1) Топ болып шешім қабылдауға қатысуда жауапкершілік қабылдау қабілеттілігі, қақтығыстарды (жанжалдарды) күш салмай шешу, демократикалық институттарды басқарып, жақсартуда рөл атқару сияқты саяси және әлеуметтік құзыреттіліктер.

2) Көпмәдениетті қоғамдағы өмірге байланысты құзыреттіліктер

3) Жұмыс пен әлеуметтік өмір үшін, қазіргі кезде ондай құзыреттіліктері жоқтар әлеуметтік оқшаулауға түсіп қалу қаупі бар, ауызша және жазбаша қарым-қатынастарды меңгеруге қатысты құзыреттіліктер: осындай қатынас жасау тұрғысынан бір тілден артық тіл білудің үлкен маңызы бар.

4) Қоғамды ақпараттандырудың өсуіне байланысты құзыреттілік; мұндай технологияларды меңгеру, олардың қолданылуын, артықшылығы мен кемшілігін түсіну және бұқаралық ақпарат құралдары мен жарнама жасаушылар тарататын ақпаратқа сыни көзбен қарау қабілеттілігі.

5) Өзінің кәсіби мағынасындағы сияқты, сондай-ақ әлеуметтік өмірдегі мағынасында да үздіксіз оқытудың негізі ретінде өмір бойы оқуға қабілеттілік [1, б. 11-12].

Жоғары кәсіби білім беру жүйесінде алғашқы міндеттердің бірі ретінде педагогикалық білімнің дамуы, оның ішінде, атап айтқанда, математика пәні мұғалімдерін даярлау болып табылады.

Мектептегі математика пәні бойынша білімге әсерін тигізген өзгерістер математика пәні мұғалімдерін басқа жолмен даярлауды қажет етеді. Мектеп мектептің алдына қойған міндеттерін шеше білетін заманға сай мұғалімге зәру. Заманауи математика мұғалімі оқытудың инновациялық технологияларын жетік меңгеріп, оның арқасында мұғалім оқушыларға тек пәндік білімге икемділік пен дағдыға баулып қана қоймай, онымен қоса тұлғаға қажетті қасиеттерге де баули білуі керек.

Жоғарыда атап өткен жағдайлар математика пәні мұғалімін даярлау үдерісін жетілдіру жөніндегі проблемаларды көкейкесті мәселеге айналдырады. Бүгінгі таңда басты мәселелердің қатарында тек қана болашақ математика пәні мұғалімдерін математикалық біліммен каруландыру ғана емес, сонымен қатар алдағы уақытта мектеп тәжірибесі көрсеткендей, кәсіби құзыреттілікті қалыптастыру да жатады. Заманауи математика пәні мұғалімі, алдымен, оқу-тәрбие үдерісінің дамитын міндетттеріне ден қоя біліп, кейін соған жете білуі тиіс.

Болашақ математика пәні мұғалімі егер ол жоғары оқу орнында оқып жүргенде-ақ жағдайға сай тиімді оқу технологияларын пайдаланған болса, осындай кәсіби құзыреттіліктерге қол жеткізе алады. Іс-әрекеттік тәсіл негізінде құрылған технологиялар осындай технологиялар болып табылады. Іс-әрекеттік тәсілде «іс-әрекет» ұғымы айырықша маңызға ие.

Осыған орай, мақалада «іс-әрекеттің түр-түрі үдерістің (процестің) жүйе құраушы элементі ретінде бола алады; оқу субъектісі белсенді позицияны иеленеді, ал іс-әрекет болса тұлға дамуының негізі, құралы мен шарты болып табылады» деген сияқты мәселелерге мән берілген [2, б.55].

В.А.Далингердің жұмыстарында [2, 3, 4] келтірілген ұстаным-пікірлер мұғалім мен оқушының арасындағы өзара қарым-қатынасын түбірімен өзгертеді.

Егер дәстүрлі дидактика оқушыларға дайын білімді жеткізудің әдістерін, құралдары мен формаларын, қарастырумен шектелсе, заманауи дидактика болса оқуға деген іс-әрекеттік тәсілге негізделіп құралған. Адамның дамуы – бұл оның қолы жетерліктей іс-әрекеттердің түрлері мен формаларының шеңберін кеңейе түсу болып табылады.

А.В.Боровских пен Н.Х.Розов өздерінің кітаптарының алғысөзінде мына мәселені айтып өткен: «Барлығына мәлім, білім балаларды даярлайды, алайда не нәрсеге дайындайды? Біздің мақсат - осы жауапқа анағұрлым сай және оның мәнін ашарлықтай «іс-әрекет» терминінің түп мағынасын ашып көрсету» [5, б.7]. Атап айтқанда, адамның іс-әрекетке араласуға деген талпынысы білімнің мақсатын айқындап көрсетеді.

П.Я.Гальперин іс-әрекеттің таным мен білім алудағы рөлін айта кете, төмендегіні жазады: «Меңгерудің тек қана жеке өзіндік іс-әрекет арқылы іске асатындығы рас, алайда оның өзі де алдын ала ойластырылған, яғни ұйымдастырылған болуы тиіс» [6,б.132].

Әр түрлі ғалымдар іс-әрекет құрылымындағы компонеттерді бөліп қарауды түрліше түсінеді.

Мысалы, Э.Г.Юдин іс-әрекет құрылымына мақсат, құралдар, нәтиже және іс-әрекеттің өз үдерісін жатқызады.

А.В.Хуторский болса, іс-әрекет құрылымының анағұрлым кеңейтілген түсіндірмесінің сипатын ұсынады; ол іс-әрекет субъектісін, үдерісін, пәнін, шартын, іс-әрекеттің тәсілдері мен нәтижелерін бөліп көрсетеді.

А.Н.Леонтьев іс-әрекет құрылымына затты түрлендірудің дербес есептерін шешуге бағытталған процедураларды енгізген [7].

Осы және тағы басқа да талдаулар, білім алып жинақтауда, оны пайдалану мен шығармашылық іс-әрекеттің біліктері және дағдыларын қалыптастыруға әсер ететін тәсілдерін меңгеруде оқушыларда танымдық қажеттіліктердің пайда болуын қамтамасыз ететін жағдайлар жасау қажет екендігін көрсетеді.

Педагогиканың сан ғасырлық тарихы іс-әрекеттің, соның ішінде танымдық іс-әрекеттің жүзеге асуы оқушылардың өзіндік жұмыс жасаулары кезінде туындайтындығын көрсетіп отыр.

Өзіндік жұмыстардың келесідей түрлерінің бар екендігі мәлім: үлгі бойынша өзіндік жұмыс, өзгермелі сипаттағы жұмыс, орындауға сілтемесі көрсетілген өзіндік жұмыс, шығармашылық өзіндік жұмыс.

Математика мамандығы бойынша оқитын бакалаврлардың оқу үдерісінде өзіндік жұмыстар барлығы да үлкен мәнге ие, алайда шығармашылық жұмыстар әлдеқайда маңызды болып табылады.

Шығармашылық өзіндік жұмыстардың соншалықты тиімді болуының себебі-олар бакалаврға математиканы оқытып қана қоймай, онымен қоса болашақ математика пәні мұғалімдерін кәсіби даярлау қызметін атқарады. Яғни нәтижесінде болашақ математика пәні мұғалімі оқушылардың алдарында міндетті түрде шешімін табуы тиіс шығармашылық проблемалармен есептерді қоя алатын біліктеліктері болатындай болуы керек.

Қазақстан Республикасының 2010 жылы қабылданған білім беру жүйесіндегі жаңа мемлекеттік жалпыға міндетті стандарттары [8] математика мамандығы бойынша оқитын бакалаврлардың бойында нақты жағдайларда әрекет ете білетіндей дайындықты білдіретін басты құзыреттіліктерді қалыптастыруға бағытталған. Осындай құзыреттіліктердің бірі «оқушылардың жас мөлшеріне және жеке бас қасиеттеріне сай оқу-танымдық әрекеттерін ұйымдастыра білу... сабақ кезінде және сабақтан тысқары уақыттарда оқушыларды танымдық әрекетке ынталандыра білу» болып табылады.

Біздің жұмыстарда оқушылардың факультативтік сабақтарда танымдық іс-әрекетін ұйымдастыру көрсетілген [9,10].

Оқушылардың ізденушілік-зерттеушілік жұмысын ұйымдастыру мәселелері В.А.Далингердің еңбектерінде толығымен қарастырылған. Оның айтуынша, «оқушылардың ізденушілік-зерттеушілік іс-әрекетінің жетістігі көп жағдайда тапсырмалардың түрі мен формаларының дұрыс жобалануымен, тапсырмалардың тиімді жүйелерінің пайдалануымен, сондай-ақ осы іс-әрекетке мұғалімнің шебер жетекшілік етуімен қамтамасыз етіледі... Оның келесі іс-әрекеттер жүйесін атап өтейік: оқушының ойлауының даму деңгейіне сәйкес оқып зерттеу жұмыстарының қажетті деңгейін таңдай білу; сабақ уақытысында және сабақтан тысқары уақыттарда зерттеу жұмыстарын жүргізудің жеке және топтық формаларын өзара сәйкестендіре білу; оқып зерттеу деңгейіне, оның сабақ құрылымдағы орнына және сабақтың мақсатына байланысты проблемалық жағдайларды құра білу».

Жоғарыда көрсетілген талаптар оқушылардың ізденушілік-зерттеушілік әрекетін ұйымдастыруға бағытталған болатын, ал бірақ біздің тәжірибеміз көрсеткеніндей, бакалаврлардың ізденушілік-зерттеушілік қызметін ұйымдастыруға да олардың тікелей қатысы бар.

«Аналитикалық функциялар теориясы» бөлімінің мысалында бакалаврлардың ұйымдастыру шығармашылық жұмыстарын көрсетейік. «Аналитикалық функция теориясы» бөліміне келесі сұрақтар енеді: «Комплекс сандар мен комплексті сандарға амалдар қолдану», «Комплекс айнымалы функция түсінігі», «Комплекс айнымалы функциясының үздіксіздігі мен шегі», «Комплекс айнымалы функциясының дифференциациялдануы», «Аналитикалық функциялар», «Комплекс айнымалы функциясының интегралдануы», «Параметрге тәуелді интегралдар», «Комплекс жазықтығындағы қатарлар», «Риман беті» және тағы басқалар.

Бакалврлардың өзіндік жұмыстары оқу жобаларының форматына енуі мүмкін, олар арқылы студенттер өз беттерінше материалдарды таңдап, компьютерлік презентацияларды даярлайды. Оқу жобаларын орындау барысында бакалаврлардың алгебра мен анализ бастамалары жоғары оқу орнындағы курсы мен мектеп курсының байланысының анықтай білгендері өте маңызды. Дәл осы арқылы, шын мәнінде математика пәнінің болашақ мұғалімдерін кәсіби бағдарлы оқыту жүзеге асырылады.

Аналитикалық функция теориясы бойынша біз өзіміздің тәжірибелік қызметімізде қолданған, оқу жобаларының мысалдарын келтірейік:

-Аналитикалық функция теориясының тарихи қырлары;

-Конформды бейнелеудің жаратылыстану мәселеріне қолданылуы;

-Комплекс сандарды физикалық және техникалық есептерді шешуде пайдалану;

-Комплекс айнымалы функциялар теориясына элементар кіріспе;

-Комплекс жазықтықтағы қисықтар мен аймақтар;

-Кейбір қарапайым функциялар мен оларға сәйкес конформды бейнелер;

-Симметрия қағидасы. Көпбұрыштардың бейнеленуі;

-Интегралдар мен көрсеткіштік қатарлар;

-Бүтін және мероморфты функциялар;

-Коши интегралының теориясы;

-Шварц-Кристоффель интегралы.

Жоғарғы оқу орындары тәжрибесі толық көрсеткендей, бүгінде жоғары білім көптеген студенттер үшін арнайы-кәсіби сұранымдардың емес, ең алдымен, әлеуметтік жүзеге асыру құралы болып табылады; басқаша айтқанда, студенттерді, ең алдымен, өмірге өз орнын табуға деген әлеуметтік ұмтылыс, ал сосын барып белгілі бір қызмет саласында маман болу ойы мазалайды.

Білім беру қызметі нарығы туралы айта отрыра, біз мұғалімді (оқытушыны) «қызмет етушіге» айналдырамыз. Істің осындай мәнісі, лекция немесе семинарды студент білім беру қызметі ретінде қарастыруы, студенттің оқу-танымдық қызметінің сипатын бүтіндей басқаша етеді.

Егер, мысалы, студент педагогика университетіне түсіп, бірақ мұғалім кәсібіне бағдарланбай тек диплом алуды ойласа, онда ол оқытушының тіпті, ол ең жоғары кәсіби болсын, педагогикалық тәжрибесін қабылдауға ұмтыла қоймайды, өйткені оған бұл тәжірибе болашақ кәсіби қызметіне керек емес. Бұл педагогикалық ұжымда қолайлы психологикалық атмосфера жасауға кедергі жасап, оқытушылардың «психологиялық күйі кету» синдромының дамуына әкеп соқтырады.

ЖОО-лар барған сайын білім беру қызметінің нарығымен байланысты болып, қызмет көрсету функциясын орындауда, тура осылайша студент жастар тәртібінің стратегиясы мен тактикасына әсер етуде. Бүгінде студенттердің уәжсізденуі, олардың оқу үдерісіне және болашақ мамандығына қызығушығының жоқтығы анық.

Бүгінде қоғамға қажет жаңа мұғалім жоғары педагогикалық білім берудің жаңа иновациялық жүйесінде ғана дайындалуы мүмкін.

Педагогикалық жоғары оқу орындарында математика мұғалімін дайындау түбегейлі өзгерістерді қажет етеді, ал бұл қазіргі жағдайда кездесетін келесі кемшіліктермен түсіндіріледі:

- Педагогикалық жоғары оқу орнындағы іргелі дайындаудың көмегі мен мазмұны классикалық университеттің білім беру көшірмесінен (калькасынан) тұрады;

- Іргелі математикалық курстарды оқыту сағаты көлемінің ұдайы азаю үрдісі;

- Студенттердің мектептегі математикалық білімінің деңгейі математикалық талдау, алгебра мен геометрияның кеңейтілген курстарын меңгеруге тиісті түрде мүмкіндік бермейді, көптеген педагогикалық оқу орындарының көппрофильді бакалавриатында алпыс сағаттың «математикаға кіріспе» «буферлік» курсының құрастырылуы кездейсоқ емес және ол өз мақсаты ретінде мектеп математика курсы бойынша студеттердің білімі, біліктілігі мен дағдыларының деңгейін талаптарға сай келтіруді көздейді;

- Элементар математика курсы студенттердің мектеп математика курсы бойынша білімі мен біліктілігін меңгеруінің тұрақтылығы мен өзгермелілігін қамтамасыз етпейді;
- Математика мұғалімн іргелі даярлау кәсіби-педагогикалық даярлықсыз жүргізіледі.

Мұның бәрі математикалық білім берудің мектеп компонентін білімді ары қарай іргелендірумен бірге күшейту үшін математикалық және әдістемелік дайындықтың мазмұны мен құрылымын өзгертуді талап етеді.

1. Hutmacher W. Key competencies for Europe / W. Hutmacher // Reportof the Symposium Berne, Switzerland, 27 – 30 March, 1996. Councif for Cultural Cooperation (CDCC) a Secondary Education for Europe. Strasburg, 1997.
2. Далингер В.А. Деятельностный подход к обучению математике в школе − требования новых образовательных стандартов // Международный журнал экспериментального образования. − 2014. − №11(часть 2). − С.55-56.
3. Далингер В.А. Системно-деятельностный подход к обучению математике // Наука и эпоха: монография / Под ред. О.И.Кирикова.–Воронеж: Изд-во: ВГПУ, 2011. − С.230-293.
4. Далингер В.А. Федеральный государственный образовательный стандарт нового поколения и системно-деятельностный подход в обучении математике // Фундаментальные иследования. − С.19-22.
5. Боровских А.В., Розов Н.Х. Деятельностные принципы в педагогике и педагогической логике: Пособие для системы профессионального педагогического образования, подготовки и повышения квалификации научно-педагогических кадров. − М.: МАКС Пресс, 2010. – С.80.
6. Гальперин П.Я. Метод «срезов» и метод теории поэтапного формирования умственных действий // Вопросы психологии. − 1966. − №4. − С.132-137.
7. Леонтьев А.Н. Деятельность, сознание, личность. − М.: Изд-во политической литературы, 1987. – С.304.
8. Государственный общеобязательный стандарт образования Республики Казахстан: Высшее образование, Бакалавриат. http://adilet.zan.kz/rus/docs/P1200001080
9. Каскатаева Б.Р., Абишев Н.К. Об организации факультативных занятий по математике // Директор казахстанской школы. − 2014. − №3. − С. 22-25.
10. Каскатаева Б.Р., Абишев Н.К. Содержание факультативного курса “Комплексные числа” // Директор казахстанской школы. − 2014. − №3. − С. 27-35.

Аннотация. *В статье расматриваются вопросы обучениия бакалавров по специальности математика в условиях перехода на новые государственные общеобязательные стандарты образования Республики Казахстан. Уделяется особое внимание деятельностному подходу к обучению, в связи с чем развитие человека рассматривается как расширение круга доступных ему видов и форм деятельности. Рассматриваются различные виды самостоятельных работ обучающихся: по образцу, вариативные, с указанием к выполнению, творческие. Содержание творческих самостоятельных работ бакалавров раскрыты на одном из разделов математики «Теория аналитических функций». Особое внимание в статье уделено активным технологиям обучения, строящихся на деятельностном подходе. Эти технологии меняют и роль обучающего пример: вместо роли информатора роль менеджера, тьютора, фасилитатора, и роль обучаемы* *пример: инфомация ни цель, а средство для освоения действий и операций профессиональной деятельности.*

Ключевые слова: *деятельностный подход к обучению бакалавров, самостоятельная работа, творческие самостоятельные работы по теории аналитических функций, учебные проекты.*

Abstract. *The article questions are risen Education Bachelors degree in Mathematics in the transition to the new state educational standards of the Republic of Kazakhstan: Higher education; Undergraduate. Analyze the requirements of the new standards to the educational process, the results of education, to learning the technologies used. Paying special attention to the activity approach to learning, and therefore the development of man is seen as expanding the range of available types and forms of his activities. Various types of independent work of students: according to the pattern variability, with an indication of their implementation, creative. Contents of creative independent works bachelors disclosed in one of the branches of mathematics «The theory of analytic functions». Particular attention is paid to active learning technologies, stroeschihsya on activity approach; These technologies are changing and the role of training for example: rather than the role of informant role of manager, tutor, facilitator and the role of students for example: characteristics of this accomodation no goal but a means to develop activities and operations of professional activity.*

Keywords: *activity approach to teaching undergraduate, independent work, independent creative work on the theory of analytic functions, educational projects.*

УДК 519.62/.64

Д.Б. Нурсеитов[1], М.А. Бектемесов[2], С.Е. Касенов[3], А.Н.Алимова[1]

ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ УРАВНЕНИЯ АКУСТИКИ

([1]г.Алматы, Национальная научная лаборатория коллективного пользования информационных и космических технологий КазНИТУ имени К.Сатпаева,
[2]г.Алматы, Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
[3]г.Алматы, Казахский национальный педагогический университет имени Абая)

Аннотация. *В данной работе рассматривается задача продолжения для уравнения акустики. Исходную задачу сведем к обратной задаче. Рассмотрим обратную задачу в операторном виде. Далее мы сведем решение операторного уравнения к задаче минимизации целевого функционала. Получена постановка сопряженной задачи. Выписан градиент функционала. Доказана теорема о производной Фреше для целевого функционала.*

Ключевые слова: *Задача продолжения, уравнение акустики, метод Ландвебера, обратная задача, градиент функционал.*

1 Постановка задачи

Рассмотрим задачу продолжения для уравнения акустики в области $\Omega = \Delta(L_x)\times(0, L_y)$, где $\Delta(L_x) = \{(x,t) : x\in(0,L_x), \quad t\in(x,2L_x - x)\}$:

$$u_{tt} = u_{xx} + u_{yy} - \left(\frac{\rho_x}{\rho}u_x + \frac{\rho_y}{\rho}u_y\right) \tag{1}$$

$$u_x(0,y,t) = g(y,t), \tag{2}$$

$$u(0,y,t) = f(y,t), \tag{3}$$

$$u(x,0,t) = u(x,L_y,t) = 0. \tag{4}$$

Задача (1)–(4) некорректна.

2 Прямая и обратная задача

Рассмотрим некорректную задачу (1)–(4), как обратную, к следующей прямой (корректной) задаче.

В области $\Omega = \Delta(L_x)\times(0, L_y)$, здесь $\Delta(L_x) = \{(x,t): x\in(0,L_x), t\in(x,2L_x - x)\}$, требуется определить $u(x,y,t)$ по заданным $q(x,y)$ и $g(y,t)$ из соотношений:

$$u_{tt} = u_{xx} + u_{yy} - (\frac{\rho_x}{\rho}u_x + \frac{\rho_y}{\rho}u_y), \quad (x,y,t)\in\Delta(L_x), \tag{5}$$

$$u_x(0,y,t) = g(y,t), \quad y\in(0,L_y), t\in(0,2L_x), \tag{6}$$

$$u(x,y,x) = q(x,y), \quad x\in(0,L_x), y\in(0,L_y), \tag{7}$$

$$u(x,0,t) = u(x,L_y,t) = 0, \quad (x,t)\in\Delta(L_x). \tag{8}$$

В **прямой задаче** (5)–(8) требуется определить $u(x,y,t)$ по заданным $q(x,y)$ и $g(y,t)$.

Обратная задача заключается в определении функции $q(x,y)$, из соотношений (5)–(8), по дополнительной информации о решении прямой задачи (5)–(8)

$$u(0,y,t) = f(y,t). \tag{9}$$

3 Решение задачи продолжения для уравнения акустики методом Ландвебера

Вводим оператор A следующим образом:

$$A: q(x,y)\mapsto f(y,t),$$

$$A: H^1(0,L_x)\mapsto H^1(0,2L_x).$$

Тогда обратную задачу (5)–(9) запишем в операторной форме

$$Aq = f. \tag{10}$$

Введем целевой функционал

$$J(q_n) = \|Aq_n - f\|^2_{L_2} = \int_0^{L_y}\int_0^{2L_x}[u(0,y,t;q_n) - f(y,t)]^2 dydt. \tag{11}$$

Целевой функционал (11) минимизируем методом Ландвебера.

$$q_{n+1} = q_n - \alpha J'q_n, \tag{12}$$

где $\alpha\in\left(0,\frac{1}{\|A\|^2}\right)$ – параметр спуска [1].

4 Вычисление градиента целевого функционала

Зададим приращение $q_n + \delta q_n$, тогда введем следующее обозначение

$$\delta u = \tilde{u} - u = u(x,y,t;q_n + \delta q_n) - u(x,y,t;q_n). \tag{13}$$

Используя обозначение (13), вычисляем приращение целевого функционала $J(q_n)$

$$J(q_n + \delta q_n) - J(q_n) = \int_0^{L_y}\int_0^{2L_x}[u(0,y,t;q_n + \delta q_n) - f(y,t)]^2 dydt$$

$$- \int_0^{L_y}\int_0^{2L_x}[u(0,y,t;q_n) - f(y,t)]^2 dydt = \int_0^{L_y}\int_0^{2L_x}[u(0,y,t;q_n + \delta q_n) - u(0,y,t;q_n)]$$

$$\times[u(0,y,t;q_n + \delta q_n) - f(y,t) + u(0,y,t;q_n) - f(y,t)]dydt$$

$$= \int_0^{L_y}\int_0^{2L_x} \delta u(0,y,t;q_n)2[u(0,y,t;q_n) - f(y,t)]dydt + o(\|\delta u\|.) \tag{14}$$

Рассмотрим постановку возмущенной задачи к задаче (5)–(8)

$$\tilde{u}_{tt} = \tilde{u}_{xx} + \tilde{u}_{yy} - \left(\frac{\rho_x}{\rho}\tilde{u}_x + \frac{\rho_y}{\rho}\tilde{u}_y\right), \tag{15}$$

$$\tilde{u}_x(0,y,t) = g(y,t), \tag{16}$$

$$\tilde{u}(x,y,x) = q_n + \delta q_n, \tag{17}$$

$$\tilde{u}(x,0,t) = u(x,L_y,t) = 0. \tag{18}$$

Для получения задачи относительно $\delta u(0,y,t;q_n)$, из задачи (15)–(18) вычтем задачу (5)–(8), и тогда получим следующие соотношения:

$$\delta u_{tt} = \delta u_{xx} + \delta u_{yy} - \left(\frac{\rho_x}{\rho}\delta u_x + \frac{\rho_y}{\rho}\delta u_y\right), \tag{19}$$

$$\delta u_x(0,y,t) = 0, \tag{20}$$

$$\delta u(x,y,x) = \delta q_n, \tag{21}$$

$$\delta u(x,0,t) = u(x,L_y,t) = 0. \tag{22}$$

Рассмотрим выражение (19) и умножим на произвольную функцию $\psi(x,y,t)$. Полученное выражение проинтегрируем по области Ω.

$$0 = \iiint_\Omega \left(\delta u_{tt} - \delta u_{xx} - \delta u_{yy} + \left(\frac{\rho_x}{\rho}\delta u_x + \frac{\rho_y}{\rho}\delta u_y\right)\right)\psi dxdydt$$

$$= \int_0^{L_y}\int_0^{L_x}\int_x^{2L_x-x} \psi\delta u_{tt}dtdxdy - \int_0^{L_y}\int_0^{L_x}\int_0^{t}\psi\delta u_{xx}dxdtdy - \int_0^{L_y}\int_{L_x}^{2L_x}\int_0^{2L_x-t} \psi\delta u_{xx}dxdtdy - \int_0^{L_x}\int_x^{2L_x-x}\int_0^{L_y}\psi\delta u_{yy}dydtdx$$

$$+ \int_0^{L_y}\int_0^{L_x}\int_0^{t}\psi\frac{\rho_x}{\rho}\delta u_x dxdtdy + \int_0^{L_y}\int_{L_x}^{2L_x}\int_0^{2L_x-t}\psi\frac{\rho_x}{\rho}\delta u_x dxdtdy + \int_0^{L_x}\int_x^{2L_x-x}\int_0^{L_y}\psi\frac{\rho_y}{\rho}\delta u_y dydtdx$$

Проинтегрируем по частям данное выражение

$$0 = \int_0^{L_y}\int_0^{L_x}\Big[(\psi\delta u_t)(x,y,2L_x-x) - \underline{(\psi\delta u_t)(x,y,x)} - (\psi_t\delta u)(x,y,2L_x-x)$$

$$+ \underline{\underline{(\psi_t\delta u)(x,y,x)}} + \int_x^{2L_x-x}\psi_{tt}\delta udt]dxdy - \int_0^{L_y}\int_0^{L_x}[\underline{(\psi\delta u_x)(t,y,t)}$$

$$-(\psi\delta u_x)(0,y,t) - \underline{\underline{(\psi_x\delta u)(t,y,t)}} + (\psi_x\delta u)(0,y,t) + \int_0^t\psi_{xx}\delta udx\Big]dtdy$$

$$-\int_0^{L_y}\int_{L_x}^{2L_x}[(\psi\delta u_x)(2L_x-t,y,t) - (\psi\delta u_x)(0,y,t) - (\psi_x\delta u)(2L_x-t,y,t)$$

$$+(\psi_x\delta u)(0,y,t) + \int_0^{2L_x-t}\psi_{xx}\delta udx]dtdy - \int_0^{L_x}\int_x^{2L_x-x}[(\psi\delta u_y)(x,L_y,t)$$

$$+(\psi_x\delta u)(0,y,t)+\int_0^{2L_x-t}\psi_{xx}\delta u dx]dtdy-\int_0^{L_x}\int_x^{2L_x-x}[(\psi\delta u_y)(x,L_y,t)$$

$$-(\psi\delta u_y)(x,0,t)-(\psi_y\delta u)(x,L_y,t)+(\psi_y\delta u)(x,0,t)+\int_0^{L_y}\psi_{yy}\delta u dy]dtdx$$

$$+\int_0^{L_y}\int_0^{L_x}\left[\underline{\underline{\frac{\rho_x}{\rho}(\psi\delta u)(t,y,t)}}-\frac{\rho_x}{\rho}(\psi\delta u)(0,y,t)-\int_0^t(\frac{\rho_x}{\rho}\psi)_x\delta u dx\right]dtdy$$

$$+\int_0^{L_y}\int_{L_x}^{2L_x}\left[\frac{\rho_x}{\rho}(\psi\delta u)(2L_x-t,y,t)-\frac{\rho_x}{\rho}(\psi\delta u)(0,y,t)-\int_0^{2L_x-t}(\frac{\rho_x}{\rho}\psi)_x\delta u dx\right]dtdy$$

$$+\int_0^{L_x}\int_x^{2L_x-x}\left[\frac{\rho_y}{\rho}(\psi\delta u)(x,L_y,t)-\frac{\rho_y}{\rho}(\psi\delta u)(x,0,t)-\int_0^{L_y}(\frac{\rho_y}{\rho}\psi)_y\delta u dy\right]dtdx.$$

Учитывая (20) и (22), и в силу того, что $\psi_x(x,y,2L_x-x)-\psi_t(x,y,2L_x-x)=\frac{d\psi}{dx}|_{\frac{dt}{dx}=-1}=\psi_t(x,y,2L_x-x)$ (производная по направлению $t=2L_x-x$); $\psi_x(x,y,x)+\psi_t(x,y,x)=\frac{d\psi}{dx}|_{\frac{dt}{dx}=1}=\psi_t(x,y,x)$ (производная по направлению $x=t$) $\delta u_x(x,y,x)+\delta u_t(x,y,x)=\frac{d\delta u}{dx}|_{\frac{dt}{dx}=1}=(\delta q)_t(x,y)$ (производная по направлению $t=x$), интегрируем по частям и получаем

$$0 \quad = \iiint_\Omega\left(\psi_{tt}-\psi_{xx}-\psi_{yy}-\left(\frac{\rho_x}{\rho}\psi\right)_x-\left(\frac{\rho_y}{\rho}\psi\right)_y\right)\delta u dxdydt$$

$$+\quad\int_0^{L_y}\int_0^{L_x}\psi(x,y,2L_x-x)\left[\delta u_t-\delta u_x+\frac{\rho_x}{\rho}\delta u\right]dxdy$$

$$+\quad\int_0^{L_y}\int_0^{L_x}\psi_t(x,y,x)\delta u(x,y,x)dxdy+\int_0^{L_y}\int_0^{L_x}\delta u(x,y,2L_x-x)\psi_t(x,y,2L_x-x)dxdy$$

$$+\quad\int_0^{L_y}\int_0^{L_x}\delta u(x,y,x)\left[\psi_t(x,y,x)+\frac{\rho_x}{\rho}\psi(x,y,x)\right]dxdy$$

$$-\quad\int_0^{L_y}\int_0^{2L_x}\delta u(0,y,t)\left[\psi_x(0,y,t)+\frac{\rho_x(0,y)}{\rho(0,y)}\psi(0,y,t)\right]dtdy$$

$$-\quad\int_0^{L_x}\int_x^{2L_x-x}\left[(\psi\delta u_y)(x,L_y,t)-(\psi\delta u_y)(x,0,t)\right]dtdx.$$

Учитывая, что данное выражение тождественно равно нулю, то получаем следующие выражения: $\psi_{tt}-\psi_{xx}-\psi_{yy}-\left(\frac{\rho_x}{\rho}\psi\right)_x-\left(\frac{\rho_y}{\rho}\psi\right)_y=0, \psi(x,y,2L_x-x)=0,$ $\psi(x,L_y,t)=\psi(x,0,t)=0,$

$$0=\int_0^{L_y}\int_0^{L_x}\delta u(x,y,x)\left[2\psi_t+\frac{\rho_x}{\rho}\psi\right]dxdy-\int_0^{L_y}\int_0^{2L_x}\delta u(0,y,t)\left[\psi_x+\frac{\rho_x}{\rho}\psi\right]dtdy. \quad (23)$$

Таким образом, учитывая выражение (14) из выражения (23), получим следующее выражение:

$$\psi_x(0,y,t)+\frac{\rho_x(0,y)}{\rho(0,y)}\psi(0,y,t)=2(u(0,y,t)-f(y,t)), \quad (24)$$

$$\langle\delta q_n, J'q_n\rangle=\int_0^{L_y}\int_0^{L_x}(2\psi_t(x,y,x)+\frac{\rho_x}{\rho}\psi(x,y,x))\delta q dxdy. \quad (25)$$

Откуда вытекает постановка сопряженной задачи

$$\psi_{tt}=\psi_{xx}+\psi_{yy}+\left(\frac{\rho_x}{\rho}\psi\right)_x+\left(\frac{\rho_y}{\rho}\psi\right)_y, \quad (26)$$

$$\psi(x,y,2L_x-x)=0, \quad (27)$$

$$\psi_x(0,y,t)+\frac{\rho_x(0,y)}{\rho(0,y)}\psi(0,y,t)=2(u(0,y,t)-f(y,t)) \quad (28)$$

$$\psi(x,L_y,t)=\psi(x,0,t)=0. \quad (29)$$

Таким образом можно доказать теорему.

Теорема 1.3. Функционал $J(q)$ в производной точке q имеет производную Фреше

$$J'q_n=2\psi_t(x,y,x)+\frac{\rho_x}{\rho}\psi(x,y,x). \quad (30)$$

Доказательство. По определению производная Фреше функционала,

$$J(q_n+\delta q_n)-J(q_n)=\langle J'q_n,\delta q_n\rangle+o(\|\delta q\|)$$

из (14)

$$J(q_n+\delta q_n)-J(q_n)=\int_0^{L_y}\int_0^{2L_x}\delta u(0,y,t;q_n)2[u(0,y,t;q_n)-f(y,t)]dydt+o(\|\delta u\|)$$

ввиду оценки прямой задачи $\|u\|^2(t)\le e^{Mt}\cdot\left(\|q\|^2(L_x)+\|g\|^2(2L_x)\right)$, получаем

$$o(\|\delta u\|)\approx o(\|\delta q\|),$$

таким образом

$$J'q_n=2\psi_t(x,y,x)+\frac{\rho_x}{\rho}\psi(x,y,x), \quad (34)$$

где $\psi(x,y,t)$ есть решение сопряженной задачи (26)–(29). Теорема доказана.

Работа выполнена при поддержке грантового финансирования научно-технических программ и проектов Комитетом науки МОН РК, грант №1746/ГФ4.

1. Кабанихин С.И., Бектемесов М.А., Нурсеитова А.Т Итерационные методы решения обратных и некоректных задач с данными на части границы /Алматы – Новосибирск: ОФ «Международный фонд обратных задач», 2006.

Аңдатпа. *Бұл мақалада акустика теңдеуі үшін жалғастыру есебі қарастырылады. Бастапқы есепті кері есепке келтіреміз. Кері есепті операторлық түрде қарастырамыз. Ары қарай операторлық теңдеуді мақсатты функционалды минималдандыру есебіне келтіреміз. Түйіндес есептің қойылымы алынды. Функционал градиенті жазылды. Мақсатты функционал үшін Фреше туындысы туралы теорема дәлелденді.*

Түйін сөздер:: *Жалғастыру есебі, акустика теңдеуі, Ландвебер әдісі, кері есеп, функционал градиенті.*

Abstract. *In this paper we consider the continuation problem of acoustic equation. The initial problem is reduced to the inverse problem. Let us consider the inverse problem in operator form. Then we reduce the solution of operator equations to the problem of minimizing the objective functional. Obtained formulation of the conjugate problem. It is written out functional gradient. The theorem about Frechet derivative of the objective functional.*
Keywords: *Continuation problem, equation of acoustics, Landweber method, inverse problem, the gradient of functional.*

УДК 532:622.234

Н.С. Омаров*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД НА МАКРОУРОВНЕ

(г.Алматы, Казахско-Британский технический университет,*-докторант)

Аннотация. *В настоящее время в горной геологии все математические модели, описывающие процессы выщелачивания горных пород, основаны на законе Дарси и различных модификациях уравнения диффузии. К сожалению, в этих моделях основные параметры имеют неясный физический смысл, а дифференциальные уравнения моделей были выведены на базе умозрительных соображений, а не строгих законов механики и химии. Мы предлагаем прототип гидродинамического симулятора уранового месторождения или призабойной зоны нефтяной скважины на базе новейших достижений современной математики в области функционального анализа и теории усреднения и новых надежных численных методов для их реализации.*
Ключевые слова: *выщелачивание, фильтрация, усреднение, численные методы.*

Введение

Данная статья о численном исследовании путей повышения выработки месторождения во время добычи минералов методом подземного выщелачивания.

Подземное выщелачивание (ПВ) – это способ разработки рудных месторождении без необходимости поднятия руды на поверхность, избирательно переводя ионы минералов в продуктивный раствор непосредственно в недрах. Данный метод осуществляется путем бурения скважин через рудные тела, подачи раствора и подъема минералосодержащих растворов на поверхность, извлечения из них минерала на сорбционных ионообменных установках, добавления кислоты в маточные растворы и повторного закачивания их недра. При этом урансодержащая руда остается под землей, когда традиционные методы добычи (шахтный и карьерный) работают наоборот, требуя значительные затраты на рекультивацию, в связи с чем данный метод ПВ отличается высокой экологической безопасностью, низкими затратами и упрощенностью технологических операции.

Данный метод ПВ применяется для выщелачивания низкоконцентратных месторождений редких минералов, как уран, золото, медь, бор и др. В данной диссертационной работе рассматриваемым минералом будет уран.

Для выщелачивания урана в качестве реагента используются слабые растворы серной кислоты, карбонат содержащих солей аммония, натрия, калия, кальция и магния. Минералогический состав руды определяет какой из методов вскрытия урановой руды применять, в добавок кроме минералов урана, так же должны учитываться и минералы вмещающих пород.

Основные рудовмещающие породы месторождений, которые отрабатываются системами подземного скважинного выщелачивания (ПСВ), являются песчано-глинистыми, состоящими из полевых шпатов и кварца. Кварц и полевые шпаты достаточно устойчивы к указанным растворителям. Однако следует отметить, что в их составе содержатся минералы в определенном количестве, которые хорошо растворяются в слабом сернокислотном растворе, как карбонаты и сульфиды. Во время выщелачивания они неизбежно вступают в реакцию с реагентом, поэтому расходуется значительная часть сернокислотного раствора (расход реагента составляет 50-150 кг на 1 кг металла). Если в рудах содержится большое количество карбонатов, то эффективность применения сернокислотных растворов для выщелачивания исчезает, так как образовывается и осаждается гипсовая осадка, которая в свою очередь препятствует движению выщелачивающего раствора. В связи с этим, изучение карбонатности руд и пород, состава карбоната и их распределения в пределах месторождения имеет большое значение для точного и верного выбора выщелачивающего раствора, а также расчета его расхода и оценки возможных химических явлении, сопутствующих процессу ПВ.

Если в руде содержится свыше 2% карбоната, то потребуется применение карбонатного способа выщелачивания. Основным недостатком которого является ухудшение проницаемости руд, а также для достижения нужного уровня извлечения урана требуется обязательное использование окислителей.

Практическая значимость исследования.

Добыча урана выщелачиванием или очистка выщелачиванием призабойной зоны нефтяной (газовой) скважины являются очень важными народнохозяйственными задачами.

Естественные залежи урана и углеводородов являются сложными геологически разнородными объектами. Неоднородность означает, что интересующие нас свойства объекта изменяется в пространстве. Анализы скважин и кернов показывают, что геологические свойства (пористость, проницаемость и т.п.) всех резервуаров неоднородны даже внутри одного резервуара. Очень часто недостаточный учет последствий неоднородностей на стадии планирования операции становится очевидным слишком поздно, когда закачиваемый в грунт через нагнетающие скважины кислотный раствор оказывается далеко от предполагаемого места. Кроме этого важную роль играют концентрация закачиваемой кислоты, режимы нагнетания кислотных растворов и т.п. факторы. Следовательно, понимание динамики флюидов в гетерогенных пористых средах и механизма растворения горных пород кислотами имеет фундаментальное значение для эффективного управления добычей урана или углеводородов.

В настоящее время для описания процесса выщелачивания горных пород существует большой спектр математических моделей, описывающих рассматриваемые физические процессы опосредованно на макроскопическом уровне (см. [1] - [7] и цитируемую там литературу). А именно, в этих моделях в каждой точке сплошной среды присутствует как горная порода (твердый скелет), так и жидкость в порах этого скелета. Такие модели еще называются **макроскопическими** (феноменологическими) моделями. Все они строятся по одному принципу. Динамика жидкости, как правило, описывается системой уравнений фильтрации Дарси или какой-либо ее модификацией. Уравнения, описывающие миграцию кислоты и продуктов химических реакций, просто постулируются и являются модифицированными уравнениями диффузии-конвекции для соответствующих концентраций. Главным в этих постулатах является вид коэффициентов уравнений. Как раз здесь и наблюдается большое разнообразие, зависящее от вкусов и пристрастий авторов статей. Оно вполне объяснимо, поскольку основной механизм физического процесса сосредоточен на неизвестной (**свободной**) границе между поровым пространством и твердым скелетом и никак не прописан в предлагаемых макроскопических моделях. Именно там происходит растворение горных пород, изменяющее концентрацию закачиваемой кислоты, и именно там возникает поток продуктов химической реакции внутрь несущей жидкости. При этом меняется геометрия порового пространства и геометрия свободной границы, разделяющей твердый скелет и поровое пространство. Все эти принципиально важные изменения происходят на микроскопическом масштабе, соответствующему среднему размеру пор или трещин в горных породах, в то время как любая из предлагаемых макроскопических моделей оперирует с совсем другими (на порядки большими) масштабами и просто не «видит» ни **свободную границу**, особенностей взаимодействия кислоты с грунтом. Это и объясняет такое разнообразие макроскопических математических моделей. У авторов таких моделей просто нет ни точного метода описания физических процессов на микроскопическом уровне на базе фундаментальных законов механики сплошных сред и химии, ни возможности учесть эту микроструктуру в макроскопических моделях. Поэтому им приходится ограничиваться некими правдоподобными умозрительными соображениями.

Эффективное и точное численное моделирование на макро-и микроскопических масштабах имеет фундаментальное значение для понимания основных физических особенностей процессов выщелачивания горных пород. Методы конечных разностей широко используются из-за их простоты и эффективности на структурированных сетках. Тем не менее, в присутствии небольших геометрических характеристик (гроты / трещины / поры) их непосредственное применение приводит к нереалистичным требованиям к ресурсам компьютера. В действительности урановое рудное тело или призабойная зона нефтяной скважины содержатся, как правило, в параллелепипеде со сторонами в несколько десятков (сотен) метров. То есть, для того чтобы учесть масштабы в 0,01-0,0001 метра при численном моделировании нужно около 100 Pb оперативной памяти. Следует отметить, что масштаб поры может быть менее 0,0001 м.

В частности, это позволит оценить выбранный нами набор малых параметров, масштабировать их, если это необходимо, и сделать соответствующие изменения в исходных моделях, чтобы сохранить основные физические свойства пластовых потоков. Вполне возможно, что характеристики усреднения могут быть различными в различных подобластях резервуара, что потребует использование различных пространственных решеток в рассматриваемой области, как это было сделано в [19].

Методы исследования

Вывод математических моделей основывается на точном описании физического процесса на микроскопическом уровне. Это включает в себя: уравнения Стокса (с нулевой или положительной вязкостью) для несжимаемой вязкой жидкости в поровом пространстве, уравнения Ламе для несжимаемого упругого скелета и условия на сильном разрыве на искомой (свободной) границе "твердый скелет- поровое пространство» ([18], [20]). В случае абсолютно твердого скелета грунта предполагается, что скорость его частиц равна нулю. Отметим, что для замыкания задачи необходимы дополнительные условия на свободной границе, не вытекающие из законов механики сплошных сред. Эти условия доставляют нам дополнительные рассмотрения с привлечением законов теоретической химии. Для таким образом полученной новой и раннее не изученной задачи со свободной границей на микроскопическом уровне мы должны найти эквивалентную формулировку в терминах интегральных тождеств. Эти тождества не должны включать явно свободную границу между жидкостью в порах и твердым скелетом. Таким образом, мы получим наши микроскопические (точные) модели.

Теоретическое исследование точных моделей содержит обычные в таких ситуациях вопросы: существование и единственность решения, устойчивость, априорные оценки, регулярность, и т.д. Таким образом, мы определим свойства оператора обратной задачи микроскопической модели. Это включает в себя: выбор малых параметров, построение приближенных решений, получение априорных оценок независящих от малых параметров и переход к пределу при стремлении малых параметров к нулю.

Для вывода макроскопических моделей, воспользуемся методом двухмасштабной сходимости G. Nguetseng [21]. Вывод моделей включает в себя: определение малых параметров, построение приближенных решений, нахождение априорных оценок независящих от малых параметров и предельный переход, когда малые параметры стремятся к нулю.

В работе изучается процесс выщелачивания твердого поистого грунта активными растворами (кислотами), переносимыми по порам невязкой несжимаемой жидкостью. В результате растворения грунта в жтдкость выносится продукт химического взаимодействия активной примеси с материалом грунта. Данный физической процесс рассматривается в ограниченной области Ω трехмерного пространства. Часть S^+ границы этой области моделирует нагтетающие скважины, часть S^- моделирует добывающие скважины и часть S^0 моделирует непроницаемую для несущей жидкости границу. Кроме того, область Ω состоит из области $\Omega_f(t)$, моделирующей поровое пространство, области $\Omega_S(t)$, моделирующей твердый скелет и границы $\Gamma(t)$ между поровым пространством и твердым скелетом. Граница $\Gamma(t)$ является неизвестной (искомой), поскольку в процессе выщелачивания часть скелета растворяется и сам скелет меняет свою форму во времени. Как правило такие задачи называют задачами со свободными границами.

Для описания динамики примесей в водном растворе на микроскопическом уровне предлагается два различных сценария. Очевидно, что конвекция примеси должна учитываться всегда. Для концентрации активной примеси учитывается диффузия этой примеси, поскольку при растворении твердого скелета возникает обратное течение от границы $\Gamma(t)$ внутрь порового пространства. Поэтому в отсутствии диффузии кислоты к границе $\Gamma(t)$ утрачивается механизм доставки кислоты к реагирующей поверхности. При описании динамики концентраций продуктов химической реакции целесообразное воспользоваться транспортным упавнением. Последнее является уравнением первого проядка и требует краевое условие только на тех участках границы, где есть поток жидкости внутрь порового пространства. Именно такой границей является искомая поверхность $\Gamma(t)$: вектор скорости на этой границе направлен внутрь порового пространства (характеристики уравнения “входят” в поровое пространство). В то же время, в силу специфики добывающей скважины, характеристики траснпортного уравнения “входят” в участок границы, моделирующей добывающую скважину. Следовательно, здесь краевое условие для транспортного уравнения не требуется.

Математическая модель на макроскопическом уровне.

Сформулируем начально-краевую задачу, формулирующий математическую модель, описывающую процесс выщелачивания на макроскопическом уровне. В области Ω при t>0 определим скорость, давление несущей жидкости, а так же концентрацию активной примеси.

Уравнение движение, уравнение неразрывности, уравнение плотности при пористой среде, взаимодействие раствора со скелетом, уравнение диффузии конвекции описываются по формуле (1), (2), (3), (4), (5) соответственно.

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = -\frac{1}{\alpha_\tau} m \nabla p \tag{1}$$

$$div\vec{v} = \frac{\rho_s - \rho_f}{\rho_f} \cdot \frac{\partial m}{\partial t} \tag{2}$$

$$\rho = m\rho_S + (1-m)\rho_S \tag{3}$$

$$\frac{\partial m}{\partial t} = \lambda c^{\nu} \quad \nu \geq 1 \tag{4}$$

$$m\frac{\partial c}{\partial t} + v \cdot \nabla c - div(m\nabla c) = -(\frac{\rho_S}{\rho_f} + \delta)\frac{\partial m}{\partial t} \tag{5}$$

Краевые условие

$$S^{+} : c = c^{+}(y,t);\ p = p^{+}(y,t)$$

$$S^{-} : c = c^{-}(y,t);\ p = p^{-}(y,t)$$

$$S^{0} : \frac{\partial p}{\partial n} = 0;\ (\vec{v} \cdot \vec{n}) = 0;\ \frac{\partial c}{\partial n} = 0;$$

Начальные условие

$$p(x,y,0) = p_0(x,y)$$

$$c(x,y,0) = c_0(x,y)$$

$$m(x,y,0) = m_0(x,y)$$

Заключение

В настоящей работе мы получаем новую математическую модель, которая описывает взаимодействие кислоты в чистой жидкости с компонентами, образуя породу матрица. Наш подход основан на детальном рассмотрении основных законов механики и химии в масштабе пор. Очевидно, что математической модели получены не могут быть использованы в практических приложениях, но его простой и математически правильной формы позволяет дальнейшее приближение в системе усредненных уравнений. Некоторые численные реализации показать отличительные особенности этой модели. Например, на микроскопическом уровне повышению значения постоянной β скоростей химических реакций соответствует уменьшение значения концентрации реагента и продуктов химические реакции на свободной границе. Это довольно странно, для химиков. Но в макроскопической модели один имеет сложившуюся ситуацию: к увеличение значения постоянных $\beta = \lambda\varepsilon$ в скоростей химических реакций соответствуют увеличения значения концентраций продуктов химической реакции в продуктивных скважин. С другой стороны, чтобы в возрастающих значений входного концентрации c^{+} всегда соответствуют возрастающих значений концентраций продуктов химических реакций на свободной границе в микроскопической модели, и увеличение значения концентраций продуктов химических реакций в продуктивных скважин. Также отметить, что во введении мы обсуждали возможность колебаний для микроскопической модели. К сожалению, мы не можем найти эти колебания в наших численных реализаций для микроскопической модели, может быть, из-за его последовательности. Но может ясно видеть его в макроскопической модели.

1. Nitika Kalia, Vemuri Balakotaiah, Effect of medium heterogeneities on reactive dissolution of carbonates. Chemical Engineering Science, 64, 376-390 (2009).
2. C. E.Cohen, D. Ding, M. Quintard, B. Bazin, From pore scale to wellbore scale: Impact of geometry on wormhole growth in carbonate acidization. Chemical Engineering Science, 63, 3088 -3099 (2008).
3. M.K.R. Panga, M. Ziauddin, V. Balakotaiah, Two-scale continuum model for simulation of wormholes incarbonate acidization. A.I.Ch.E.Journal 51, 3231 - 3248 (2005).
4. Е.И.Рогов, Системный анализ в горном деле. Алма-Ата, Наука, 1976. – 208 с.
5. Е.И.Рогов, С.Е. Рогов, А.Е.Рогов, Начала основ теории технологии добычи полезных ископаемых. Алматы, 2001. – 225 с.
6. В.Г. Язиков, В.Л.Забазнов, Н.Н. Петров, Е.И.Рогов, А.Е.Рогов, Геотехнология урана на месторождениях Казахстана. Алматы, 2001. – 442 с.
7. Е.И.Рогов, В.Г. Язиков, А.Е.Рогов, Математическое моделирование в горном деле. Алматы, 2002. - 216 с.
8. R. Burridge, J. B. Keller, Poroelasticity equations derived from microstructure, J. Acoust. Soc. Am., V. 70. N4 (1981) pp. 1140– 1146.
9. E. Sanchez-Palencia, Non-Homogeneous Media and Vibration Theory, Lecture Notes in Physics, V. 129, Springer, Berlin, 1980.
10. Nguetseng,G., Asymptotic analysis for a stiff variational problem arising in mechanics. SIAM J. Math. Anal. V.21, 1394-1414 (1990)
11. Buchanan, J.L., Gilbert, R.P.: Transition loss in the farfield for an ocean with a Biot sediment over an elastic substrate. ZAMM, V. 77, 121-135 (1997)
12. Gilbert R.P., Lin J. Z., Acoustic waves in shallow inhomogeneous oceans with a poro-elastic seabed, ZAMM, V. 79 (4) (1997) pp. 1-12.
13. Buckingham, M.J., Seismic wave propagation in rocks and marine sediments: a new theoretical approach. in: A. Alippi, G.B. Cannelli, (Eds.), Underwater Acoustics, Vol. I, CNR-IDAC, Rome (1998)
14. Gilbert, R. P., Mikelic, A., Homogenizing the acoustic properties of the seabed: Part I, Nonlinear Analysis. V. 40, 185--212 (2000)
15. Clopeau, Th., Ferrin, J. L., Gilbert, R. P., Mikelic, A., Homogenizing the acoustic properties of the seabed: Part II, Mathematical and Computer Modelling. V. 33, 821--841 (2001)
16. Ferrin, J. L., Mikelic, A., Homogenizing the acoustic properties of a porous matrix containing an incompressible inviscid fluids. Math. Meth. Appl. Sci. V. 26, 831--859 (2003)
17. Mikelic, A., Paoli, L., Homogenization of the inviscid incompressible fluid flow trough a 2D porous medium. Proceedings of the AMS. V. 17, 2019--2028 (1999)
18. A. Meirmanov, The Stefan Problem, Walter de Gruyter, Berlin-New York, 1992.
19. C. Chardaire-Riviere, G. Chavent, Jerome Jafre, and J. Liu. Multiscale representation for simultaneous estimation of relative permeabilities and capillary pressure, paper SPE 20501. In 65th Annual Technical Conference and Exhibition of the Society of Petroleum Engineers, New Orleans, Louisiana, September 23-26, 1990, pages 303-312. Society of Petroleum Engineers.
20. L. V. Ovsiannikov, Introduction to mechanics of continuous media, Parts 1, 2.
21. Novosibirsk State University, Novosibirsk (Russian), 1977.

Аңдатпа. *Қазіргі уақытта тау жыныстарын сілтісіздендіруді сипаттайтын, мұнай геологиясындағы барлық математикалық үлгілер Дарси заңына және оның түрлі модификацияларына негізделген. Өкінішке орай, осы үлгілердегі негізгі параметрлер көмескі физикалық мағына береді, ал үлгілердің дифференциалды теңдеуі қатаң механиканың заңдарына емес, ойша түсініктерінің негізінде шығарылған. Біз, функционалды талдау және орташалау теориясы мен жаңа берік сандық әдістерін жүзеге асыру үшін заманауи іргелі*

математиканың жетістіктеріне негізделген, мұнай ұңғымасының осал зонасы немесе уран кенорындарының математикалық симуляторының жаңа түпнұсқасын ұсынамыз.

Түйін сөздер*:: *сілтісіздендіру, фильтрация, орташалау, сандық әдістер

Abstract. *Currently, all mathematical models for Mining Geology, describing the rocks leaching, based on Darcy's law and various modifications of the diffusion equation. Unfortunately, these models involve basic parameters that have unclear physical meaning and the very equations of these models have been derived on the base of mental considerations rather than rigorous continuum mechanics and chemistry laws. We suggest a prototype of the hydrodynamic simulator for an uranium reservoir or for a bottom hole zone of oil well on the base of the latest achievements of fundamental mathematics in the fields of functional analysis and homogenization theory and new reliable numerical methods for their implementation.*

Key words: *leaching, filtration, homogenization, numerical methods.*

УДК 517.9

М.М. Туганбаев

МЕТОДЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ПРЯМЫХ И ОБРАТНЫХ ЗАДАЧАХ ПЕРЕНОСА

(Кыргызская Республика, г. Бишкек, Кыргызский национальный университет им. Ж.Баласагына)

Аннотация. *Исследуется развитие новых подходов к решению задач переноса – интегральным преобразованиям. Требуется доказать существование и единственность решения уравнения переноса, удовлетворяющего начальному условию. Обратная задача требует нахождения неизвестной функции распределения и восстановления неизвестного коэффициента в правой части. Исследования проводятся также и в пространстве весовых функций.*

Ключевые слова: *теория переноса, интегральные преобразования, прямая задача, обратная задача, пространство весовых функций.*

Исследования актуальных проблем современного естествознания и техники приводят ко все более новым постановкам прямых и обратных задач для эволюционных интегро–дифференциальных и дифференциальных уравнений в частных производных первого порядка. Задачи теории переноса, имеющей дело с одной из фундаментальных проблем современного естествознания: проблемой построения макроскопических моделей вещества на основе молекулярно–кинетических представлений, исторически связаны с кинетическим уравнением Больцмана, область приложений которых от газовой динамики и теории ядерных реакторов до биологических задач постоянно расширяется. Математические идеи и методы, развиваемые в теории переноса, оказывают сильное влияние на современную математическую физику, технику, ядерную технологию.

Как известно, одна из причин многих трудностей, возникающих при исследовании сходимости алгоритма приближенного решения задач теории переноса, состоит в том, что решения этих задач не обладают, как правило, классической гладкостью, то есть они не принадлежат пространствам типа $C^{(k)}, W_C^k, k \geq 1$. Эти решения имеют определенную специфическую гладкость – гладкость вдоль направления полета частиц, и в них, например, могут иметь место разрывы в подобластях, в которых исходные данные являются гладкими. В связи с этим, решения задач переноса будем искать не только в пространствах с чебышевскими нормами, но и в пространстве весовых функций.

Для исследования уравнений в частных производных известны методы преобразований Фурье, Лапласа, характеристик, метод дополнительного аргумента, численные методы. Отметим, что при использовании, например, метода дополнительного аргумента относительно дифференциальных уравнений в частных производных с эйлеровским оператором получены решения только в случае пространства с чебышевскими нормами. Однако, в физических приложениях эти уравнения в основном имеют разрывные решения. Например, в задачах для уравнений Уизема, Кортевега де Фриза, уравнения Бюргерса в работе Яненко, при конкретных описаниях указаны такие решения. Поэтому с позиции прикладного характера необходимо найти для задач переноса аналитический метод, которой способствовал бы оценке решений и в пространстве с чебышевскими нормами, и в пространстве весовых функций. В работе разработан именно такой алгоритм, который позволяет найти решения и в смысле пространства с чебышевскими нормами, и в пространстве весовых функций (согласно известной теории функций: если функция оценима в пространстве с чебышевскими нормами, то, следовательно, она оценима в среднеквадратичной метрике, обратно нет).

Обзор и анализ литературы по теории переноса и преобразованиям, например, Фурье, Лапласа, Бесселя показывает, что ранее для задач теории переноса не были разработаны методы, приводящие к полной интегрилизации вышеуказанных задач, не доказано существование решений, за исключением некоторых частных случаев. Обратные задачи теории переноса вообще остаются мало исследованными, несмотря на их исключительную важность в приложениях.

Схема составного интегрального преобразования прямых задач теории переноса

Рассматривается задача для уравнения переноса

$$Lf + hf = Kf, \quad f(\upsilon,t)\big|_{t=0} = f_0(\upsilon), \ (\upsilon,t)\in\Omega_1 \equiv R\times R_+, \tag{1}$$

где

$$Lf \equiv \frac{\partial f(\upsilon,t)}{\partial t} + a(\upsilon)\frac{\partial f(\upsilon,t)}{\partial \upsilon},$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} k(\upsilon,\upsilon')h(\upsilon')F_0(\upsilon', f(\upsilon',t))d\upsilon' + F_1(\upsilon,t) \equiv Kf, \quad 0<a(\upsilon), 0<h(\upsilon)$$

1. Вводится преобразование [1]

$$f(\upsilon,t) = Q(\upsilon,t)\exp\left(-\int_{-\infty}^{\upsilon}\frac{h(\upsilon')}{a(\upsilon')}d\upsilon'\right), \quad \forall\upsilon\in R, \quad \forall t\in R_+, \tag{2}$$

где для новой неизвестной функции получается задача:

$$\frac{\partial Q(\upsilon,t)}{\partial t} + a(\upsilon)\frac{\partial Q(\upsilon,t)}{\partial \upsilon} = \exp\left(\int_{-\infty}^{\upsilon}\frac{h(\upsilon')}{a(\upsilon')}d\upsilon'\right)Kf,$$

$$Q(\upsilon,t)\big|_{t=0} = \varphi(\upsilon), \forall\upsilon\in R,$$

$$\varphi(\upsilon) = f_0(\upsilon)\exp\left(\int_{-\infty}^{\upsilon}\frac{h(\upsilon')}{a(\upsilon')}d\upsilon'\right). \tag{3}$$

2. Вводится функция, которая является решением дополнительной начальной задачи

$$\rho_t(\upsilon,t,s)+a(\upsilon)\rho_\upsilon(\upsilon,t,s)=0,\ \rho(\upsilon,t,t)=\upsilon \qquad (4)$$

3. Доказывается эквивалентность полученной задачи (3) и интегрального представления

$$Q(\upsilon,t)=\varphi(\rho(\upsilon,t,0))+\int_0^t \exp\left(\int_{-\infty}^{\rho(\upsilon,t,s)}\frac{h(\upsilon')}{a(\upsilon')}d\upsilon'\right)Kfds. \qquad (5)$$

Замечание 1. Отметим, что введенное интегральное преобразование фактически представляет собой следующую систему:

$$\begin{cases} f(\upsilon,t)=Q(\upsilon,t)\exp\left(-\int_{-\infty}^{\upsilon}\frac{h(\upsilon')}{a(\upsilon')}d\upsilon'\right), \forall\upsilon\in R, \forall t\in R_+, \\ Q(\upsilon,t)=\varphi(\rho(\upsilon,t,0))+\int_0^t \exp\left(\int_{-\infty}^{\rho(\upsilon,t,s)}\frac{h(\upsilon')}{a(\upsilon')}d\upsilon'\right)(Kf)(\rho,s)ds, \\ \rho_t(\upsilon,t,s)+a(\upsilon)\rho_\upsilon(\upsilon,t,s)=0, \rho(\upsilon,t,t)=\upsilon. \end{cases} \qquad (6)$$

4. Из полученной функционально алгебраической системы (2), (5) находим

$$f(\upsilon,t)=f_0(\rho(\upsilon,t,0))\exp\left(-\int_{\rho(\upsilon,t,0)}^{\upsilon}\frac{h(\upsilon')}{a(\upsilon')}d\upsilon'\right)+\int_0^t \exp\left(-\int_{\rho(\upsilon,t,s)}^{\upsilon}\frac{h(\upsilon')}{a(\upsilon')}d\upsilon'\right)Kfds\equiv H[f,V]. \qquad (7)$$

5. Доказывается эквивалентность исходной задачи (1) и интегрального представления (7).

6. На основе интегрального представления (7) доказывается разрешимость исходной задачи в пространстве с чебышевскими нормами и в пространстве весовых функций.

Схема интегрального преобразования коэффициентно – обратных задач теории переноса

Здесь $F_1(\upsilon,t)=V(t)F(\upsilon,t)$.

Если имеется дополнительная информация

$$f(\upsilon_0,t)=\psi(t)\ , \qquad (8)$$

то схема преобразования выглядит следующим образом [2].

2.1. Используем решение прямой задачи с дополнительным условием (8)

$$\psi_0(t)=f_0(\rho(\upsilon_0,t,0))\exp\left(-\int_{\rho(\upsilon_0,t,0)}^{\upsilon_0}\frac{h(\upsilon')}{a(\upsilon')}d\upsilon'\right)+\int_0^t \exp\left(-\int_{\rho(\upsilon_0,t,s)}^{\upsilon_0}\frac{h(\upsilon')}{a(\upsilon')}d\upsilon'\right)(Kf)(\rho,s)ds \qquad (9)$$

и получим эквивалентную систему интегральных уравнений для определения двух неизвестных функций:

$$\begin{cases} f(\upsilon,t)=(H[f,V])(\upsilon,t), \\ V(t)=(H_0[f,V])(\upsilon_0,t), \upsilon,\upsilon_0\in R, t\in R_+. \end{cases} \qquad (10)$$

Интегральные преобразования прямых задач для односкоростного уравнения переноса

Задача 1. Найти функцию распределения

$f(\upsilon,t)\in W_C(\Omega_1):\|f\|_{W_C}=\|f\|_C+\|f_t\|_C+\|f_\upsilon\|_C$, если

$$\frac{\partial f(\upsilon,t)}{\partial t}+a(\upsilon)\frac{\partial f(\upsilon,t)}{\partial \upsilon}+h(\upsilon)f(\upsilon,t)=\int_{-\infty}^{\infty}k(\upsilon,\upsilon')h(\upsilon')F_0(\upsilon', f(\upsilon',t))d\upsilon'+F_1(\upsilon,t)\equiv Kf, \tag{11}$$

$$f(\upsilon,t)\big|_{t=0}=f_0(\upsilon), (\upsilon,t)\in\Omega_1\equiv R\times R_+, \tag{12}$$

где $F_1(\upsilon,t)\in C^{1,0}(\Omega_1)$, $0\le f_0(\upsilon)\in C^1(R)$, $F_0(\upsilon', f)\in C^{1,1}(R\times R)$, $0<a(\upsilon)$, $0\le k(\upsilon,\upsilon')$,

$0<h(\upsilon)$ $\left\|F_{of}^{(i)}\right\|\le M=const,\ \forall(\upsilon,\ f)\in R\times R,\ i=0{,}1$, $M\int_{-\infty}^{+\infty}k(\upsilon,\upsilon')h(\upsilon')d\upsilon'<+\infty$,

$\int_{-\infty}^{+\infty}h(\upsilon)d\upsilon<+\infty$, $\int_{-\infty}^{+\infty}k(\upsilon,\upsilon')d\upsilon'=1.$

Доказываются последовательно леммы, в результате чего имеем интегральное представление

$$\begin{aligned}f(\upsilon,t)&=f_0(\rho(\upsilon,t,0))\exp\left(-\int_{\rho(\upsilon,t,0)}^{\upsilon}\frac{h(\upsilon')}{a(\upsilon')}d\upsilon'\right)+\\&+\int_0^t\exp\left(-\int_{\rho(\upsilon,t,s)}^{\upsilon}\frac{h(\upsilon')}{a(\upsilon')}d\upsilon'\right)\int_{-\infty}^{+\infty}\kappa(\rho(\upsilon,t,s),\upsilon')h(\upsilon')F_0(\upsilon', f(\upsilon',s))d\upsilon'ds+\\&+\int_0^t\exp\left(-\int_{\rho(\upsilon,t,s)}^{\upsilon}\frac{h(\upsilon')}{a(\upsilon')}d\upsilon'\right)F_1(\rho(\upsilon,t,s),s)ds\equiv H[f](\upsilon,t),\forall(\upsilon,t)\in\Omega_1.\end{aligned} \tag{13}$$

На основе (13) доказывается теорема о разрешимости задачи в $W_C(\Omega_1)$ методом последовательных приближений.

Задача 2. Найти решение $f(\upsilon,t)$ в $L_h^p(\Omega_1)$, $p>1$ уравнения

$$\frac{\partial f(\upsilon,t)}{\partial t}+a(\upsilon)\frac{\partial f(\upsilon,t)}{\partial \upsilon}+h(\upsilon)f(\upsilon,t)=\int_{-\infty}^{\infty}k(\upsilon,\upsilon')h(\upsilon')F_0(\upsilon', f(\upsilon',t))d\upsilon'\equiv K_1 f. \tag{14}$$

Доказываются теоремы о разрешимости в пространстве $L_h^p(\Omega_1)$, $p>1$, а также в пространствах $L_h^1(\Omega_1)$ и в $L_h^p(\Omega_1)$, $p>1$ на основе интегрального представления [3]

$$\begin{gathered}f(\upsilon,t)=f_0(\upsilon-at)\exp\left(-\frac{1}{a}\int_{\upsilon-at}^{\upsilon}h(\upsilon')d\upsilon'\right)+\int_0^t\exp\left(-\frac{1}{a}\int_{\upsilon-a(t-s)}^{\upsilon}h(\upsilon')d\upsilon'\right)\int_{-\infty}^{\infty}k(\upsilon-a(t-s),\upsilon')h(\upsilon')\times\\ f(\upsilon',s)d\upsilon'ds,\forall(\upsilon,t)\in\Omega_1.\end{gathered} \tag{15}$$

для уравнения

$$\frac{\partial f(\upsilon,t)}{\partial t}+a\frac{\partial f(\upsilon,t)}{\partial \upsilon}+h(\upsilon)f(\upsilon,t)=\int_{-\infty}^{+\infty}k(\upsilon,\upsilon')h(\upsilon')f(\upsilon',t)d\upsilon'\equiv K_2 f \tag{16}$$

где

$$a=const,\ \int_{-\infty}^{+\infty}\kappa(\upsilon,\upsilon')d\upsilon'=1,\ \int_{-\infty}^{+\infty}h(\upsilon')d\upsilon'<+\infty.$$

Замечание 2. Если $Kf\equiv F(\upsilon,t)$, то есть в случае не интегро-дифференциального, а дифференциального уравнения, то

$$f(\upsilon,t)=f_0(\rho(\upsilon,t,0))\exp\left(-\int_{\rho(\upsilon,t,0)}^{\upsilon}\frac{h(\upsilon')}{a(\upsilon')}d\upsilon'\right)+\int_0^t\exp\left(-\int_{\rho(\upsilon,t,s)}^{\upsilon}\frac{h(\upsilon')}{a(\upsilon')}d\upsilon'\right)F(\rho(\upsilon,t,s),s)ds \tag{17}$$

Замечание 3. В случае $a(\upsilon)=a=const$ (17) имеет вид

$$f(\upsilon,t)=f_0(\upsilon-at)\exp\left(-\frac{1}{a}\int_{\upsilon-at}^{\upsilon}h(\upsilon')d\upsilon'\right)+\int_0^t\exp\left(-\frac{1}{a}\int_{\upsilon-a(t-s)}^{\upsilon}h(\upsilon')d\upsilon'\right)F(\upsilon-a(t-s),s)ds. \quad (18)$$

Обратная задача для нелинейного интегро-дифференциального и нестационарного дифференциального уравнения

Обратная задача:

$$\frac{\partial f(\upsilon,t)}{\partial t}+a(\upsilon)\frac{\partial f(\upsilon,t)}{\partial \upsilon}+h(\upsilon)f(\upsilon,t)=\int_{-\infty}^{\infty}\kappa(\upsilon,\upsilon')h(\upsilon')F_0(\upsilon',f(\upsilon',t))d\upsilon'+V(t)F(\upsilon,t)\equiv Kf \quad (19)$$

$$f(\upsilon,t)\big|_{t=0}=f_0(\upsilon),\ f(\upsilon,t)\big|_{\upsilon=\upsilon_0}=\psi_0(t),\ \upsilon_0\in R,\ t\in R_+,\ \psi_0(t)\in C^1(R_+),\ f_0(\upsilon_0)=\psi_0(0) \quad (20)$$

$$F(\upsilon_0,t)\neq 0,\ \ \forall t\in R_+. \quad (21)$$

сводится к эквивалентной системе, где каждое из интегральных уравнений является уравнением второго рода [4]:

$$\begin{cases} f(\upsilon,t)=(H[f,V])(\upsilon,t), \\ V(t)=(H_0[f,V])(\upsilon_0,t),\upsilon,\upsilon_0\in R,t\in R_+, \end{cases} \quad (22)$$

на основе которой доказывается теорема о разрешимости задачи в исследуемой области.

Задача 3. В условиях задачи 2 необходимо найти неизвестную функцию распределения $f(\upsilon,t)\in L_h^p(\Omega_1)$ и неизвестный коэффициент $V(t)\in L^p(R_+)$, $p>1$,

$0<\lambda=\lambda(\upsilon,t)$, где $\|f(\upsilon,t)\|_{p,h}=\left(\int_{-\infty}^{+\infty}h(\upsilon)|f(\upsilon,t)|^p d\upsilon\right)^{\frac{1}{p}}<+\infty$, $\|V\|_p=\left(\int_0^{\infty}|V(t)|^p\right)^{1/p}$.

Доказывается теорема о разрешимости исходной обратной задачи на основе эквивалентной системы интегральных уравнений второго рода в пространстве $W_p=(L_h^p(\Omega);L^p(R_+))$.

1. Омуров Т. Д., Туганбаев М. М.. Интегральное преобразование линейного интегро-дифференциального уравнения типа Больцмана // Наука и новые технологии. - Бишкек, 2006, № 3-4, - С.8-12.
2. Омуров Т. Д., Туганбаев М. М. Обратная задача определения неявного коэффициента в правой части нестационарного уравнения переноса // Вестник КазНУ. – Алматы, 2008, Вып. 57. – С. 59-65.
3. Омуров Т.Д., Туганбаев М.М. Прямые и обратные задачи для эволюционных уравнений с многомерной функцией распределения // Проблемы оптимизации сложных систем. Труды V Международной азиатской школы-семинара. СОРАН, Новосибирск 2009.- С. 98-103.
4. Туганбаев М. М. Обратные задачи для нестационарного дифференциального уравнения // Труды ИВМ и МГ СО РАН. – Новосибирск, 2007, Сер: Информатика. Вып. 7. – С. 310-316.

Аңдатпа. *Көшу– интегралдық түрлендіру есебін шығарудың жаңа тәсілдерінің дамуы зерттеледі. Бастапқы шаптты қанағаттандыратын көшу есебінің бар және жалғыз болуын дәлелдеу талап етіледі. Кері есеп белгісіз үлестіру функциясын табуды және оң жақтағы белгісіз коэффициентті қалыпқа келтіруді талап етеді. Зерттеу, сондай-ақ, салмақ функциясы кеңістігінде де зерттеледі.*

Түйін сөздер: *көшу теориясы, интегралдық түрлендіру, тура есеп, кері есеп, салмақ функциясының кеңістігі.*

Abstract. *Investigated the development of the new approaches to the transport problem solving – integrated transducer. It is required to prove the existence and uniqueness of the solution of the transport equation that satisfies the initial condition. The inverse problem requires finding the unknown function of distribution and recovery of an unknown factor on the right side. Studies are also being conducted in the area of weight functions.*

Key words*: transport theory, integrated transducer, the direct problem, inverse problem, space weighting functions.*

УДК 536.46:533.6, 532.5:544.3, 517.958:537.84

А.Т. Тұрсынбай*, А.А. Ниязбаев, А.Б. Амантаева*****

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ СМЕСИ ЭТАН-ВОЗДУХ НА CHEMICAL WORKBENCH

(Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы,
*-докторант, **-магистрант, ***-студент)

Аннотация. *В данной работе описано моделирование процессов горения смеси этана с воздухом на программе Chemical Workbench 4.0. Использованы механизмы GRI-Mech 3.0 и n-Butane Mech. Теоретически исследованы скорость распространения пламени смеси этана с воздухом и время воспламенения смеси этана с кислородом. Экспериментальные данные сравнены с результатами расчетов при помощи вышеуказанных механизмов. Тестирование модели выполнено при начальных температурах смеси 1200 – 2000 К, давлении 0,1 – 1 бар и концентрации этана 3.0 – 9.5 %.*

Ключевые слова: *Горение, стехиометрия, механизм, этан, воздух.*

1. Введение

Горение – это сложный физико-химический процесс, который описывает обращение первоначальных веществ в продукты горения с тепловыделением в ходе экзотермических реакций. Также химическая энергия, заключенная в компонентах первоначальной смеси может высвобождаться в виде теплового излучения и света. Светящуюся зону называют фронтом пламени или же просто пламенем.

Укрощение огня сыграло большую роль в развитии цивилизации. Огонь открыл людям множество новых возможностей – от приготовления пищи до отопления места жительства, а впоследствии – развитие металлургии и создание новых совершенных инструментов и технологий.

Горение до нынешнего времени является главным источником энергии, и еще долгие годы не отдаст первое место другим источникам энергии. К 2010 году примерно 90% от всей энергии, выработанной на земле, было получено в результате горения полезных ископаемых и биотоплив [1]. К тому же, если верить прогнозам Управления энергетических исследований и разработок (США), то эта доля не упадёт ниже 80 % до 2040 года при одновременном росте энергопотребления на 56 % в период с 2010 по 2040 годы [2].

В работе подробно рассматривается моделирование процессов горения этана, а именно, скорость распространение ламинарного пламени предварительно перемешанной смеси этан-воздух и зависимость времени воспламенения смеси этана и кислорода от начальной температуры. Моделирование зависимости времени воспламенения предварительно перемешанной смеси этана с кислородом было выполнено на тепловом взрывном реакторе (Calorimetric Bomb Reactor) посредством вспомогательного газа аргона. Моделирование зависимости скорости распространения ламинарного пламени предварительно перемешанной смеси этан-воздух было выполнено на реакторе пламени (Flame Reactor). Результаты, полученные в ходе моделирования на симуляторе Chemical Workbench 4.0 (далее – CWB), были сравнены с результатами других исследований [3-6], а также со значениями экспериментальных данных [7-9], впоследствии были вычислены сравнительные и абсолютные погрешности моделирования.

2. Измерение скорости распространения ламинарного пламени смеси этан-воздух

Моделирование на CWB было выполнено посредством встроенного механизма GRI-Mech 3.0, а также с помощью механизма n-Butane Mech, который был загружен в базу путем импортирования файлов формата Chemkin.

При измерении скорости распространения пламени смеси этана с воздухом в качестве реактора был выбран реактор пламени (Flame Reactor), а именно – субтип Premixed (Рисунок 1). Этот тип реактора позволяет вычислять скорость распространения ламинарного пламени предварительно перемешанной смеси.

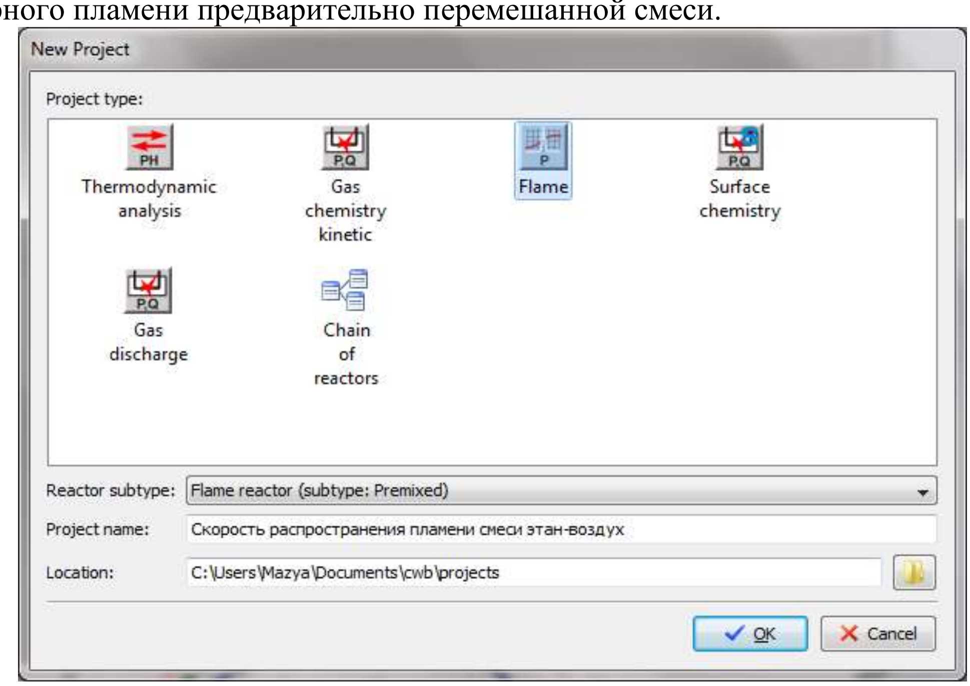


Рисунок 1 – Диалоговое окно для создания нового проекта и выбора реактора на CWB.

Моделирование выполнено при следующих начальных значениях: начальная температура 298 К, давление 0,3 бар, при стехиометрии Φ = (0.8, 0.9, 1, 1.1, 1.2, 1.3) с помощью механизма GRI-Mech 3.0. Результаты моделирования были сравнены с результатами исследований, полученные технологией Counter Flow [8] и технологией Spherical Bomb [3], а также экспериментальными данными [5]. На Рисунке 2 изображен график, показывающий зависимость скорости распространения пламени от стехиометрии смеси.

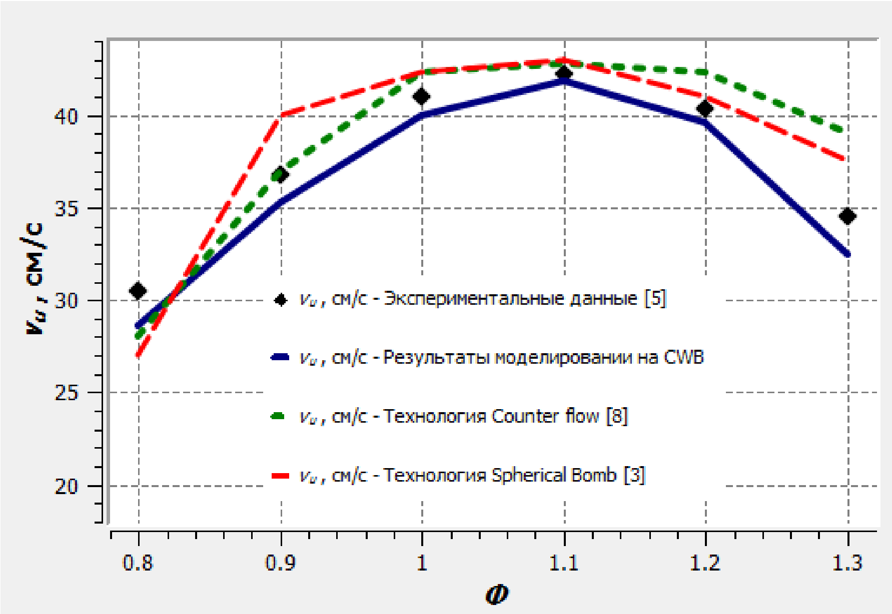


Рисунок 2 – Зависимость скорости распространения пламени от стехиометрии смеси.

Таблица 1. – Значения скорости распространения пламени.

Ф	Результаты моделирования на CWB (см/с)	Результаты исследований путем использования технологии Counter Flow [8] (см/с)	Результаты исследований путем использования технологии Spherical Bomb [3] (см/с)	Экспериментальные данные [5] (см/с)
0,8	28.5649	28	27	30,5
0,9	35.2352	37	40	36,8
1	40.0064	42.3	42.3	41
1,1	41.8517	42.8	43	42,2
1,2	39.5535	42.3	41	40.3
1,3	32.4876	39	37.5	34.5

Абсолютная погрешность результатов моделирования. Абсолютная погрешность является оценкой абсолютной ошибки измерения, обычно вычисляется следующей формулой:

$$\Delta X = |\bar{X} - X|, \tag{1}$$

где $\bar{X}$ – результаты измерения, X – экспериментальные данные, а ΔX – абсолютная погрешность. Так как в моделировании были получены 6 независимых значений, то и вышеописанную формулу следует преобразовать следующим образом:

$$\Delta X = \frac{\sum_{i=1}^{N} |\bar{X_i} - X_i|}{N}. \tag{2}$$

Возьмем значения и поставим во (2) формулу, и находим абсолютную погрешность:

$$\Delta X = \frac{|28{,}56-30{,}5|+|35{,}24-36{,}8|+|40{,}01-41|+|41{,}85-42{,}2|+|39{,}55-40{,}3|+|32{,}49-34{,}5|}{6} =$$
$$= 1{,}26845 \text{ (см/с)} \tag{3}$$

Относительная погрешность результатов моделирования. Относительная погрешность выражается отношением абсолютной погрешности измерения к действительному или среднему значению измеряемой величины. Формула:

$$\delta_{\bar{X}} = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \tag{4}$$

В случае нашего моделирования формула преобразуется следующим образом:

$$\delta_{\bar{X}} = \frac{\Delta X * N}{\sum_{i=1}^{N} \bar{X}} \tag{5}$$

Используя (5) формулу, находим относительную погрешность измерения:

$$\delta_{\bar{X}} = \frac{1{,}26845*6}{28{,}56+35{,}24+40{,}01+41{,}85+39{,}55+32{,}49} = 0{,}03496 \approx 3{,}5\ \% \tag{6}$$

3. Измерение зависимости времени воспламенения смеси этан-кислород от начальной температуры

В качестве реактора выбран Тепловой реактор взрыва (Calorietric Bomb Reactor), субтип – PQ (при постоянном давлении).

Моделирование выполнено при следующих начальных значениях: температура между 1333 – 2000 K, давление 0,3 бар, при стехиометрии этана-кислорода и ведущего газа аргона (2.22% C_2H_6, 7.78% O_2, 90% Ar) с помощью механизмов GRI-Mech 3.0 и n-Butane Mech. Результаты моделирования были сравнены с экспериментальными данными [9]. На Рисунке 3 показан график зависимости времени воспламенения смеси от температуры.

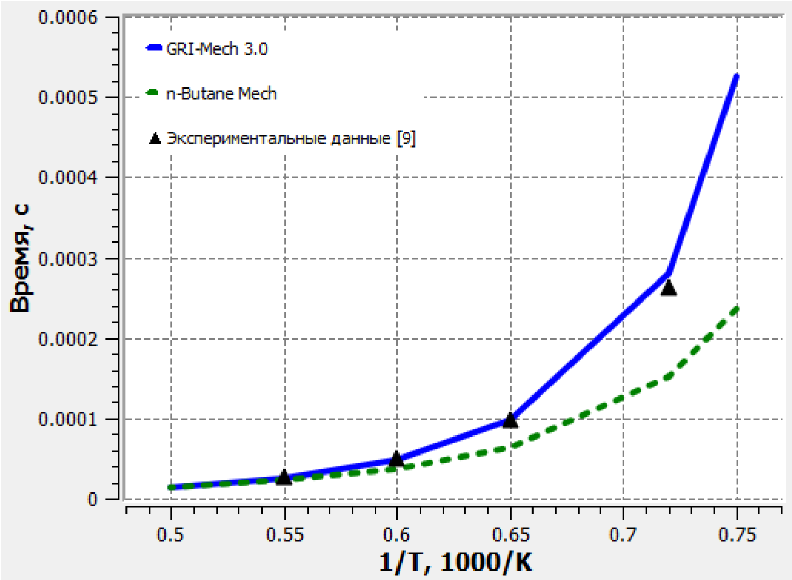


Рисунок 3 – Зависимость времени воспламенения смеси от начальной температуры.

Таблица 2. – Значения времени воспламенения смеси при разных начальных температурах.

Начальная температура, (K)	GRI-Mech 3.0, (c)	n-Butane Mech, (c)	Экспериментальные данные, (c)
1388	$2{,}449 \cdot 10^{-5}$	$2{,}269 \cdot 10^{-5}$	$2{,}63 \cdot 10^{-5}$
1536	$4{,}879 \cdot 10^{-5}$	$3{,}735 \cdot 10^{-5}$	$5{,}01 \cdot 10^{-5}$
1666	$9{,}744 \cdot 10^{-5}$	$6{,}318 \cdot 10^{-5}$	$9{,}77 \cdot 10^{-5}$
1818	$2{,}796 \cdot 10^{-4}$	$1{,}524 \cdot 10^{-4}$	$2{,}63 \cdot 10^{-4}$

Как видно из графика и таблицы, механизм GRI-Mech 3.0 более подробно описывает моделирование смеси этан-кислород. Используя (2) формулу, находим абсолютную погрешность результатов моделирования:

$$\varDelta X = \frac{|2{,}4\cdot10^{-5}-2{,}6\cdot10^{-5}|+|4{,}9\cdot10^{-5}-5\cdot10^{-5}|+|9{,}7\cdot10^{-5}-9{,}8\cdot10^{-5}|}{4}+$$

$$+\frac{|2{,}8\cdot10^{-4}-2{,}6\cdot10^{-4}|}{4} = 4{,}995\cdot10^{-6}\ (c) \qquad (7)$$

Теперь, используя (5) формулу, находим относительную погрешность измерения:

$$\delta_{\bar{X}} = \frac{4{,}995\cdot10^{-6}*4}{2{,}4\cdot10^{-5}+4{,}9\cdot10^{-5}+9{,}7\cdot10^{-5}+2{,}8\cdot10^{-4}} = 0{,}04437 \approx 4{,}4\ \% \qquad (8)$$

4. Заключение

Моделирование процессов горения этана, а именно, измерение скорости пламени и времени воспламенения предварительно перемешанной смеси на механизмах GRI-Mech 3.0 и n-Butane Mech показало, что для моделирования процессов горения этана, как члена гомологического ряда алканов, лучше всего подходит механизм GRI-Mech 3.0. Этому свидетельствуют и вычисленные результаты абсолютной и относительной погрешностей измерения.

1. Варнатц Ю., Маас У., Диббл Р. – Горение. Физические и химические аспекты, моделирование, эксперименты, образование загрязняющих веществ / Пер. С англ. Г.Л.Агафонова. Под ред. П.А.Власова – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 352 с.
2. https://ru.wikipedia.org/wiki/Горение
3. M.I. Hassan, K.T. Aung, O.C. Kwon, G.M. Faeth, J. Prop. Power 14, 479 (1998).
4. Волков Д. Реальность и фантазии // Открытые системы. – 2006. – № 5.
5. Giurcan V., Razus D., Mitu M., Oancea D. – Numerical study of the laminar flame propagation in ethane-air mixtures, Bucharest, Romania, 2014.
6. Law C. K., Combustion Physics, 2006.
7. J.A. Baker, G.B. Skinner. Shock Tube Studies on the Ignition of Ethylene-Oxygen-Argon Mixtures. Combust. Flame 19, 347 1972.
8. F.N. Egolfopoulos, D.L. Zhu, C.K. Law. Experimental and Numerical Determination of Laminar Flame Speeds: Mixtures of C2Hydrocarbons with Oxygen and Nitrogen. 23rd Symp. (Int.) Combust., 471, Pittsburg. The Combustion Institute, 1990.
9. Crina I. Heghes – C1-C4 Hydrocarbon Oxidation Mechanism – Heidelberg, September 2006. -119 p.

Аңдатпа. *Берілген жұмыста этан-ауа қоспасының жану процестерін Chemical Workbench 4.0 бағдарламасында модельдеу көрсетілген. GRI-Mech 3.0 және n-Butane Mech механизмдері қолданылды. Этан-ауа қоспасының жалынының таралу жылдамдығы және этан-оттек қоспасының тұтану уақыты теориялық түрде зерттелді. Тәжірибелік мәліметтер жоғарыда аталған механизмдер көмегімен алынған есептеулердің нәтижелерімен салыстырылды. Модельді тестілеу қоспаның 1200 – 2000 К бастапқы температурасында, 0,1 – 1 bar қысымда және этанның 3.0 – 9.5 % концентрациясында жүргізілді.*

Түйін сөздер: *Жану, стехиометрия, механизм, этан, ауа.*

Abstract. *Modeling processes of combustion of mixture ethane-air on the Chemical Workbench 4.0 is presented. GRI-Mech 3.0 and n-Butane Mech mechanisms have been used. Theoretical researched flame propagation of mixture ethane-air and ignition delay time of mixture ethane-oxygen. Experimental data have been compared with the results of calculations by means of the aforementioned mechanisms. Testing the model is fulfilled for the initial mixture temperature 1200 – 2000 K, for the pressure 0.1 – 1 bar and for concentration of ethane 3.0 – 9.5 %.*

Keywords: *Combustion, stoichiometry, mechanism, ethane, air.*

УДК 544.4

Б.А. Урмашев, А.Ж. Жайнаков

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СПОСОБОВ РАСЧЕТА ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ОСНОВНЫХ ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛИНЕЙНОЙ ФАРМАКОКИНЕТИКИ

(Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г.Алматы, Кыргызская Республика, г.Бишкек, Кыргызский государственный технический университет И.Раззакова)

Аннотация. *Приводятся уравнения, описывающие соответствующую модель фармакокинетики. Использовался метод наименьших квадратов (МНК) для определения параметров, участвующих в уравнениях модели, но часто плохо или вообще не обращают внимание на оценку статистических значений. Данная работа представляет несколько важных статистических аспектов и нахождение значений фармакокинетических параметров с соответствующими интервалами доверия. Предлагаются общий принцип и процедура метода для получения статистических параметров. В результате проведенных исследований будут изучены причины реализации неадекватных соотношений между основными временными параметрами фармакокинетики и разработаны методы получения и способы расчета их реальных значений. Экономическая эффективность возможного внедрения заключается в том, что использование результатов исследования позволит корректно интерпретировать значения полученных фармакокинетических параметров, оптимизировать на их основе схему дозирования лекарственных средств и, тем самым, повышать эффективность применяемого препарата.*

Ключевые слова: *метод наименьших квадратов, статистические параметры, фармакокинетические параметры,*

В литературе приводятся много примеров анализа фармакокинетических данных [1-8]. Строится модель для конкретного процесса. Приводятся уравнения, описывающие соответствующую модель. Пользуются методом наименьших квадратов (МНК) для определения параметров, участвующих в уравнениях модели, но часто плохо или вообще не обращают внимание на оценку статистических значений. Данная работа представляет несколько важных статистических аспектов и нахождение значений фармакокинетических параметров с соответствующими интервалами доверия. Предлагаются общий принцип и процедура метода для получения статистических параметров. Разработан программный продукт для исследования математической модели описания изменения концентраций лекарственных средств в случае линейных камерных моделей.

Рассматривается двухкамерная модель фармакокинетики с внесосудистым введением. Изменение концентрации ЛС в крови описывается уравнением (1):

$$C(t_i, A_1, A_2, \alpha, \beta, k_A) = A_1 e^{-\alpha t_i} + A_2 e^{-\beta t_i} - (A_1 + A_2) e^{-k_A t_i} \tag{1}$$

Хорошо известно, что наилучшие статистически параметры могут быть определены с помощью МНК. Настоящая работа касается случая распределения лекарства, который описан пятью параметрами. Когда экспериментально найденные значения $C_i^{экс}$ описываются уравнением $C(t_i, A_1, A_2, \alpha, \beta, k_A)$, параметры $A_1^o, A_2^o, \alpha^o, \beta^o, k_A^o$ должны дать минимальную величину взвешенной суммы квадратов различий между $C_i^{экс}$ и $C(t_i, A_1, A_2, \alpha, \beta, k_A)$, то есть,

$$S = \sum_{\mathrm{i}=1}^{N} (C_i^{экс} - C(t_i, A_1, A_2, \alpha, \beta, k_A))^2 \cdot \omega_{\mathrm{i}} \to \min . \qquad (2)$$

В нашем случае для всех i ω_{i} =1, N – число экспериментальных точек. При S→min определяются значения $A_1, A_2, \alpha, \beta, k_A$ в уравнении (1).

Разработан программный продукт для исследования математической модели описания изменения концентраций лекарственных средств в случае линейных камерных моделей. На рисунках 1, 2 представлены решения прямой задачи для двухкамерной модели при внесосудистом введении лекарственного вещества. Аналитическое решение для первой камеры при решении системы дифференциальных уравнений с заданными начальными условиями (задача Коши) описывается уравнением (1). Здесь же представлены другие значения, которые вовлечены в описании данного процесса.

Экспериментальные данные взяты с некоторой ошибкой из расчетных значений аналитического решения (1). Все пять параметров $A_1, A_2, \alpha, \beta, k_A$ зависимости (1) можно увидеть на рисунке 2. На рисунке 3 показаны заданные ошибки и количество отобранных точек с некоторыми отклонениями. В данном случае получены 17 экспериментальных данных. После чего решается обратная задача нахождения пяти параметров $A_1, A_2, \alpha, \beta, k_A$ зависимости (1) с несколькими численными методами. Нужно отметить, что при решении обратной задачи мы можем получить три набора параметров $A_1, A_2, \alpha, \beta, k_A$. В работе [9] рассмотрены доказательства о трех наборах пяти параметров.

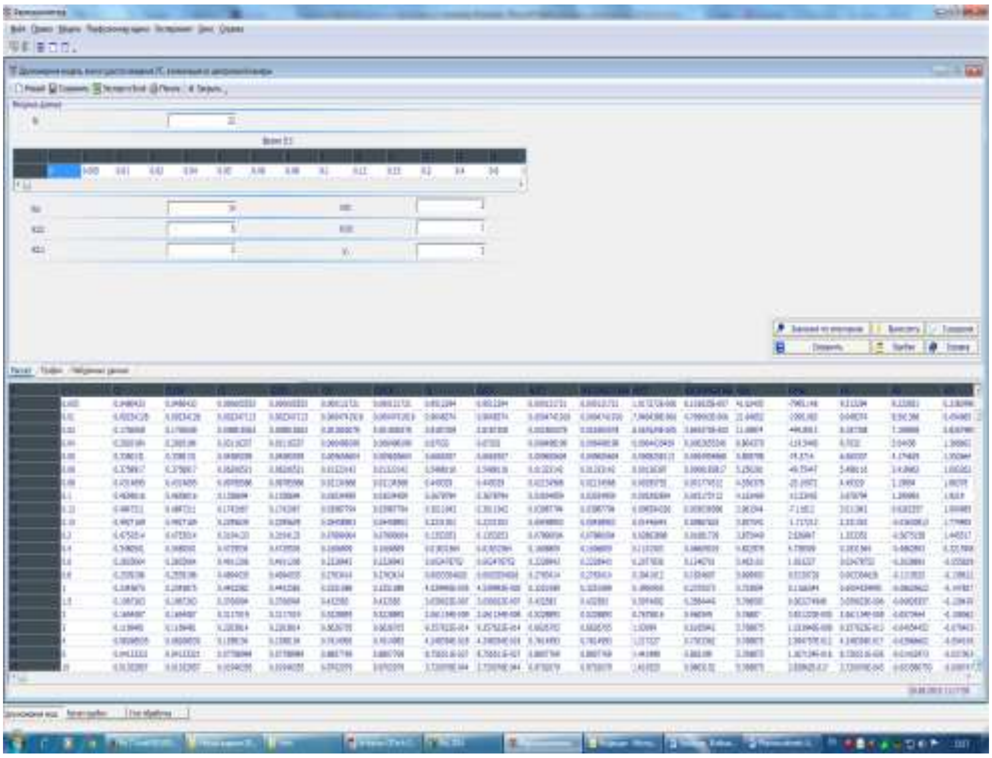


Рисунок 1 – Решение прямой задачи двухкамерной модели фармакокинетики со всасыванием для заданных констант фармакокинетики

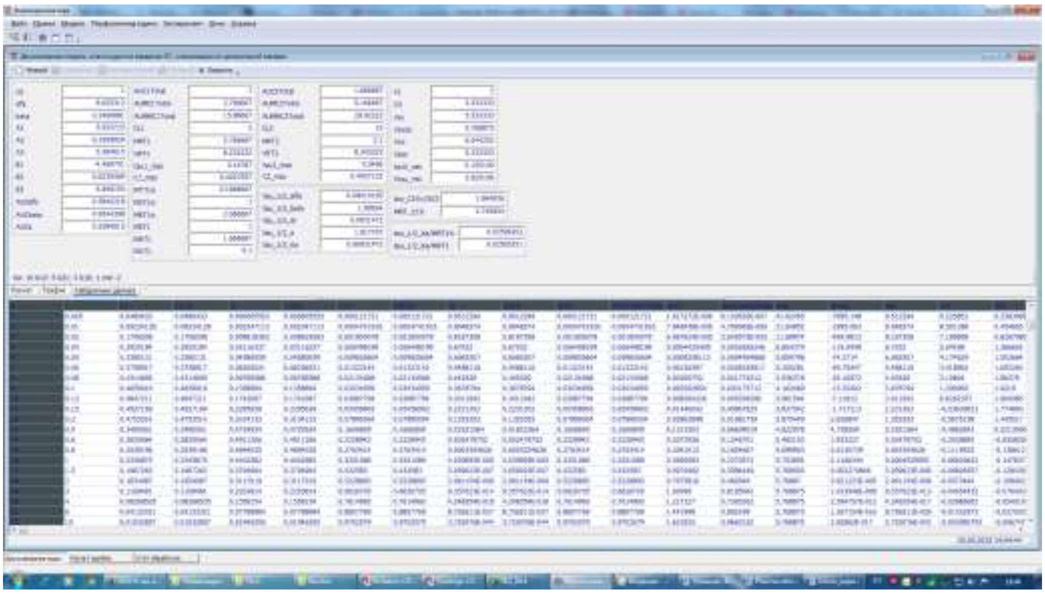


Рисунок 2 – Найденные данные прямой задачи двухкамерной модели фармакокинетики со всасыванием для заданных констант фармакокинетики

Для дальнейшего развития на рисунке 4 показаны все три варианта параметров. Первый вариант совпадает с заданными параметрами, а второй вариант отличается. Третий вариант не имеет физического смысла, так как константа скорости должна быть больше нуля. Таким образом, мы будем рассматривать два варианта.

Этот случай в научном мире известен как Flip-flop феномен. На рисунке 5 приведены найденные параметры обратной задачи двухкамерной модели фармакокинетики со всасыванием с помощью нескольких численных методов заданных экспериментальных данных из рисунка 3. Для найденных параметров соответствующих методов проделана статистическая обработка (рисунок 6).

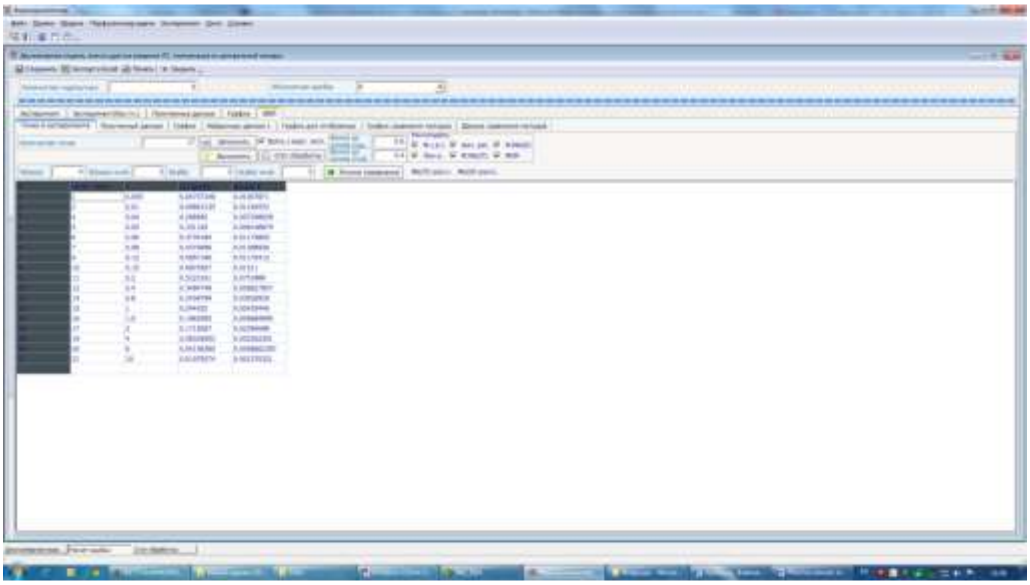


Рисунок 3 – Точки в эксперименте получены из прямой задачи двухкамерной модели фармакокинетики со всасыванием для заданных констант фармакокинетики

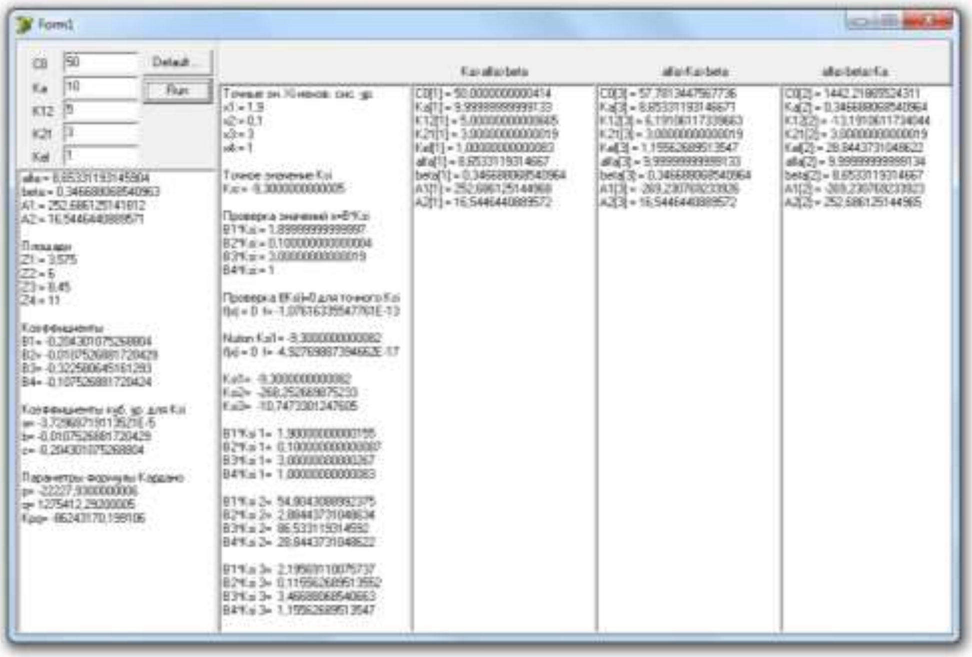


Рисунок 4 – Три набора параметров, которые удовлетворяют значения зависимости (1) прямой задачи двухкамерной модели фармакокинетики со всасыванием для заданных констант фармакокинетики

Когда $A_1^o, A_2^o, \alpha^o, \beta^o, k_A^o$- решения обратной задачи (1) для заданных экспериментальных данных $C_i^{экс}$, тогда $A_1^o, A_2^o, \alpha^o, \beta^o, k_A^o$ приняты как приближенные величины $A_1, A_2, \alpha, \beta, k_A$ и соответственно, наилучшие параметры можно задавать в следующем виде

$$A_1 = A_1^0 + \Delta A_1, \ A_2 = A_2^0 + \Delta A_2, \ \alpha = \alpha^0 + \Delta\alpha, \ \beta = \beta^0 + \Delta\beta, \ k_A = \Delta k^0 + \Delta k_A,$$

где $\Delta A_1, \Delta A_2, \Delta\alpha, \Delta\beta, \Delta k_A$ прирост для параметров $A_1, A_2, \alpha, \beta, k_A$, соответственно.

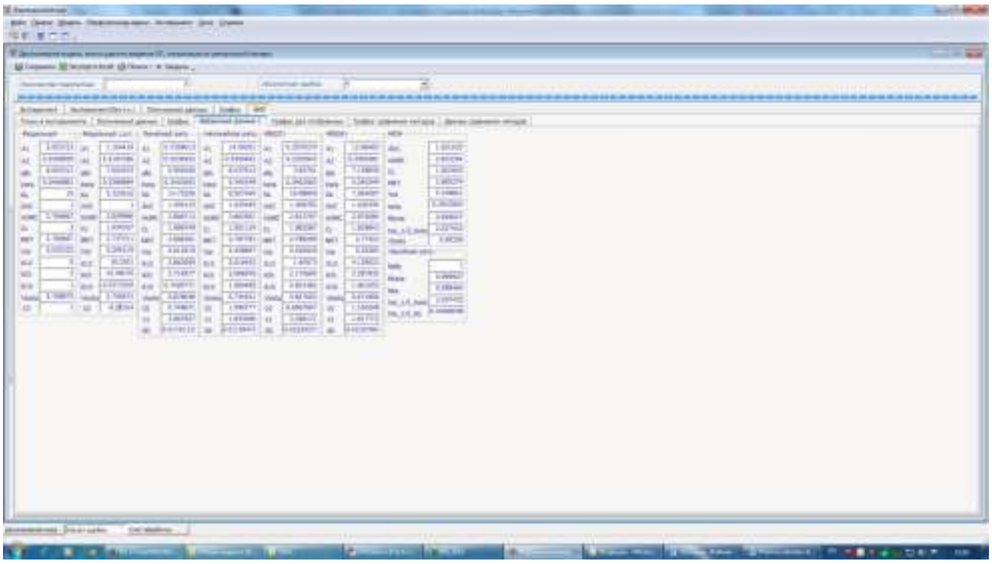


Рисунок 5 – Найденные данные обратной задачи двухкамерной модели фармакокинетики со всасыванием с помощью нескольких численных методов

Функцию $C(t_i, A_1, A_2, \alpha, \beta, k_A)$ разложим в ряд Тейлора

$$C(t_i, A_1, A_2, \alpha, \beta, k_A) = C(t_i, A_1^0, A_2^0, \alpha^0, \beta^0, k_A^0) +$$
$$+ + \Delta A_1 \frac{\partial(t_i, A_1^0, A_2^0, \alpha^0, \beta^0, k_A^0)}{\partial A_1} + \Delta A_2^o \frac{\partial(t_i, A_1^0, A_2^0, \alpha^0, \beta^0, k_A^0)}{\partial A_2} +$$
$$+ \Delta\alpha \frac{\partial(t_i, A_1^0, A_2^0, \alpha^0, \beta^0, k_A^0)}{\partial \alpha} + \Delta\beta \frac{\partial(t_i, A_1^0, A_2^0, \alpha^0, \beta^0, k_A^0)}{\partial \beta} +$$
$$+ \Delta k_A \frac{\partial C(t_i, A_1^0, A_2^0, \alpha^0, \beta^0, k_A^0)}{\partial k_A} + \Delta A_1^2 \frac{\partial(t_i, A_1^0, A_2^0, \alpha^0, \beta^0, k_A^0)}{\partial A_1^2} +$$
$$\Delta A_2^2 \frac{\partial(t_i, A_1^0, A_2^0, \alpha^0, \beta^0, k_A^0)}{\partial A_2^2} + \Delta\alpha^2 \frac{\partial(t_i, A_1^0, A_2^0, \alpha^0, \beta^0, k_A^0)}{\partial \alpha^2} +$$
$$+ \Delta\beta^2 \frac{\partial^2(t_i, A_1^0, A_2^0, \alpha^0, \beta^0, k_A^0)}{\partial \beta^2} + \Delta k_A^2 \frac{\partial^2 C(t_i, A_1^0, A_2^0, \alpha^0, \beta^0, k_A^0)}{\partial k_A^2} +$$
$$+ \Delta k_A \Delta A_1 \frac{\partial^2 C(t_i, A_1^0, A_2^0, \alpha^0, \beta^0, k_A^0)}{\partial k_A \partial A_1} + \ldots +$$
$$+ O(\Delta A_1^3, \Delta A_2^3, \Delta\alpha^3, \Delta\beta^3, \Delta k_A^3)$$

Обозначим

$$\Delta C_i = C_i^{экс} - C(t_i, A_1, A_2, \alpha, \beta, k_A).$$

Учитывая предыдущее уравнение (разложение в ряд Тейлора) получаем следующее уравнение

$$\Delta C_i = \delta_o^i - \delta_{A_1}^i \Delta A_1 - \delta_{A_2}^i \Delta A_2 - \delta_\alpha^i \Delta\alpha - \delta_\beta^i \Delta\beta - \delta_{k_A}^i \Delta k_A$$

где

$$\delta_0^i = C_i^{экс} - C(t_i, A_1^0, A_2^0, \alpha^0, \beta^0), \delta_{A_1}^i = \frac{\partial C(t_i, A_1^0, A_2^0, \alpha^0, \beta^0)}{\partial A_1}, \delta_{A_2}^i = \frac{\partial C(t_i, A_1^0, A_2^0, \alpha^0, \beta^0)}{\partial A_2},$$
$$\delta_\alpha^i = \frac{\partial C(t_i, A_1^0, A_2^0, \alpha^0, \beta^0)}{\partial \alpha}, \delta_\beta^i = \frac{\partial C(t_i, A_1^0, A_2^0, \alpha^0, \beta^0)}{\partial \beta}.$$

Основанное на принципе МНК, следующая система уравнений приведена для неизвестных величин $\Delta A_1, \Delta A_2, \Delta\alpha, \Delta\beta, \Delta k_A$.

$$\begin{cases}
(\delta_{A_1}, \delta_{A_1})\Delta A_1 + (\delta_{A_1}, \delta_{A_2})\Delta A_2 + (\delta_{A_1}, \delta_\alpha)\Delta\alpha + (\delta_{A_1}, \delta_\beta)\Delta\beta + (\delta_{A_1}, \delta_{k_A})\Delta k_A = (\delta_{A_1}, \delta_0) \\
(\delta_{A_1}, \delta_{A_2})\Delta A_1 + (\delta_{A_2}, \delta_{A_2})\Delta A_2 + (\delta_\alpha, \delta_{A_2})\Delta\alpha + (\delta_\beta, \delta_{A_2})\Delta\beta + (\delta_{k_A}, \delta_{A_2})\Delta k_A = (\delta_{A_2}, \delta_0) \\
(\delta_{A_1}, \delta_\alpha)\Delta A_1 + (\delta_{A_2}, \delta_\alpha)\Delta A_2 + (\delta_\alpha, \delta_\alpha)\Delta\alpha + (\delta_\beta, \delta_\alpha)\Delta\beta + (\delta_{k_A}, \delta_\alpha)\Delta k_A = (\delta_\alpha, \delta_0) \\
(\delta_{A_1}, \delta_\beta)\Delta A_1 + (\delta_{A_2}, \delta_\beta)\Delta A_2 + (\delta_\alpha, \delta_\beta)\Delta\alpha + (\delta_\beta, \delta_\beta)\Delta\beta + (\delta_{k_A}, \delta_\beta)\Delta k_A = (\delta_\beta, \delta_0) \\
(\delta_{A_1}, \delta_{k_A})\Delta A_1 + (\delta_{A_2}, \delta_{k_A})\Delta A_2 + (\delta_\alpha, \delta_{k_A})\Delta\alpha + (\delta_\beta, \delta_{k_A})\Delta\beta + (\delta_{k_A}, \delta_{k_A})\Delta k_A = (\delta_{k_A}, \delta_0)
\end{cases} \quad (3)$$

где

$$\delta_{A_1} = \{\delta_{A_1}^1, \delta_{A_1}^2, ..., \delta_{A_1}^N\}, \delta_{A_2} = \{\delta_{A_2}^1, \delta_{A_2}^2, ..., \delta_{A_2}^N\}, \delta_{\alpha} = \{\delta_{\alpha}^1, \delta_{\alpha}^2, ..., \delta_{\alpha}^N\},$$

$$\delta_{\beta} = \{\delta_{\beta}^1, \delta_{\beta}^2, ..., \delta_{\beta}^N\}, \delta_{k_A} = \{\delta_{k_A}^1, \delta_{k_A}^2, ..., \delta_{k_A}^N\},$$

$$\delta_{A_1}^i = e^{-\alpha^0 t_i} - e^{-k_A^0 t_i}, \delta_{A_2}^i = e^{-\beta^0 t_i} - e^{-k_A^0 t_i}, \delta_{\alpha}^i = -A_1^0 t_i e^{-\alpha^0 t_i}, \delta_{\beta}^i = -A_2^0 t_i e^{-\beta^0 t_i}, \delta_{k_A}^i = (A_1^0 + A_2^0) t_i e^{-k_A^0 t_i}$$

Наилучшие параметры могут быть получены корнями вышеприведенной системы (3). Решая систему уравнений численным методом Гаусса определяем значения неизвестных $\Delta A_1, \Delta A_2, \Delta\alpha, \Delta\beta, \Delta k_A$.

Систему (5) можно записать в следующем матричном виде

$$\Lambda \cdot \Delta_x = \Delta_0$$

Через C обозначим обратную матрицу в (3)

$$C = \Lambda^{-1}$$

Решение $\Delta A_1, \Delta A_2, \Delta\alpha, \Delta\beta, \Delta k_A$ системы (3) можно представить в векторном виде

$$\Delta_x = \Lambda^{-1} \cdot \Delta_0$$

Здесь

$$\Lambda = \begin{pmatrix} (\delta_{A_1}, \delta_{A_1}) & (\delta_{A_1}, \delta_{A_2}) & ... & (\delta_{A_1}, \delta_{k_A}) \\ (\delta_{A_1}, \delta_{A_2}) & (\delta_{A_2}, \delta_{A_2}) & ... & (\delta_{k_A}, \delta_{A_2}) \\ ... & ... & ... & ... \\ (\delta_{A_1}, \delta_{k_A}) & (\delta_{A_2}, \delta_{k_A}) & ... & (\delta_{k_A}, \delta_{k_A}) \end{pmatrix}$$

$$\Delta_0 = ((\delta_{A_1}, \delta_o); (\delta_{A_2}, \delta_o); (\delta_{\alpha}, \delta_o); (\delta_{\beta}, \delta_o); (\delta_{k_A}, \delta_o))$$

$$\Delta_x = \begin{pmatrix} \Delta A_1 \\ \Delta A_2 \\ \Delta\alpha \\ \Delta\beta \\ \Delta k_A \end{pmatrix}$$

Статистические величины даны следующими уравнениями.

$$S = (\delta_0, \delta_0) - (\delta_{A_1}, \delta_0)\Delta A_1 - (\delta_{A_2}, \delta_0)\Delta A_2 - (\delta_{\alpha}, \delta_0)\Delta\alpha - (\delta_{\beta}, \delta_0)\Delta\beta - (\delta_{k_A}, \delta_0)\Delta k_A$$

$\sigma^2 = S/(N-5)$ - сумма квадратов.

Стандартное отклонение параметров уравнения (1) $A_1, A_2, \alpha, \beta, k_A$:

$$SD_{A_1} = \sqrt{c_{11}\sigma^2},\ SD_{A_2} = \sqrt{c_{22}\sigma^2},\ SD_{\alpha} = \sqrt{c_{33}\sigma^2},\ SD_{\beta} = \sqrt{c_{44}\sigma^2},\ SD_{k_A} = \sqrt{c_{55}\sigma^2},$$

где c_{ii} – элементы обратной матрицы системы уравнений (3).

Коэффициент ковариации может быть выражен как процент коэффициента изменения

$$\%CV = \frac{SD}{\theta_i} \times 100,$$

где θ_i один из параметров $\boldsymbol{A_1, A_2, \alpha, \beta, k_A}$.

Интервалы доверия при 95% для каждого параметра могут быть даны следующим уравнением:

$$CI = SD \times t_{95}.$$

И предполагаемая стандартная ошибка C:

$$(SD_C)^2 = \sigma^2(c_{11}\delta_{A_1}{}^2 + c_{22}\delta_{A_2}{}^2 + c_{33}\delta_{\alpha}{}^2 + c_{44}\delta_{\beta}{}^2 + c_{55}\delta_{k_A}{}^2 + 2c_{12}\delta_{A_1}\delta_{A_2} + 2c_{13}\delta_{A_1}\delta_{\alpha} +$$
$$+ 2c_{14}\delta_{A_1}\delta_{\beta} + 2c_{15}\delta_{A_1}\delta_{k_A} + 2c_{23}\delta_{A_2}\delta_{\alpha} + 2c_{24}\delta_{A_2}\delta_{\beta} + 2c_{25}\delta_{A_2}\delta_{k_A} + 2c_{34}\delta_{\alpha}\delta_{\beta} + 2c_{35}\delta_{\alpha}\delta_{k_A} + 2c_{45}\delta_{\beta}\delta_{k_A})$$

Зная значения $SD_{A_1}, SD_{A_2}, SD_{\alpha}, SD_{\beta}, SD_{k_A}$ нужно определить $SD_{C_0}, SD_{k_{21}}, SD_{k_{12}}, SD_{k_{10}}$

Напишем формулы для констант

$$k_{21} = \frac{\alpha\beta(A_1 + A_2) - A_1 k_A \beta - A_2 k_A \alpha}{A_1\alpha + A_2\beta - (A_1 + A_2)k_A},$$

$$k_{10} = \frac{\alpha\beta}{k_{21}},$$

$$k_{12} = (\alpha + \beta) - k_{21} - k_{10},$$

$$C_0 = \frac{A_2(\alpha - \beta)(k_A - \beta)}{k_A(k_{21} - \beta)}.$$

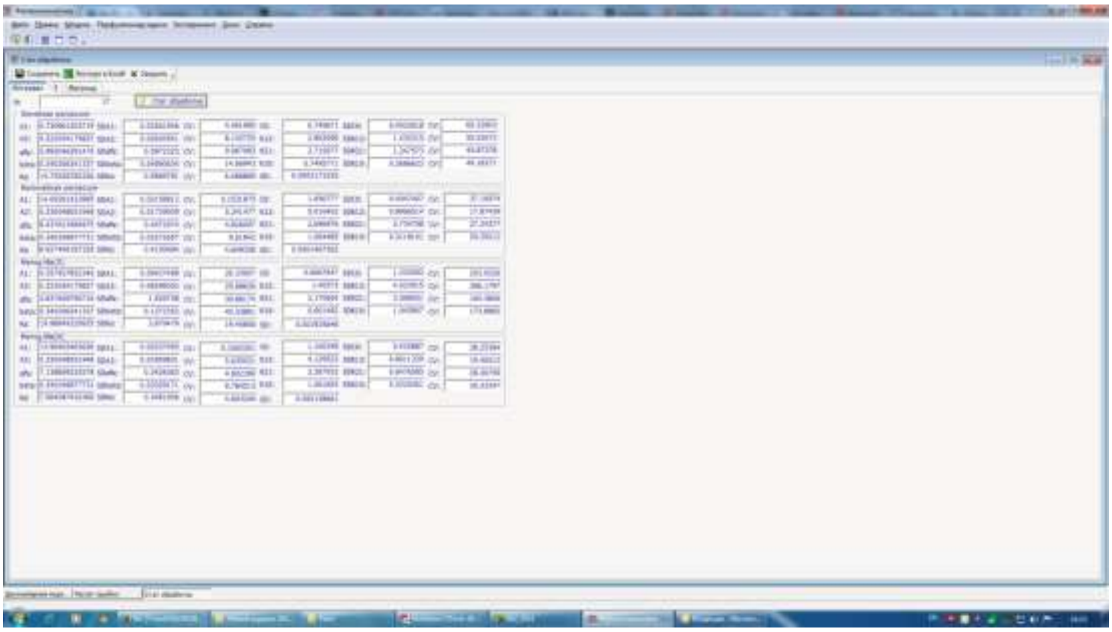


Рисунок 6 – Статистическая обработка фармакокинетических параметров обратной задачи двухкамерной модели фармакокинетики со всасыванием

1. $SD_{k_{21}} = k_{21}\sqrt{\left(3\left(\frac{SD_{k_A}{}^2}{k_A^2} + \frac{SD_{\alpha}{}^2}{\alpha^2} + \frac{SD_{\beta}{}^2}{\beta^2}\right) + 4\left(\frac{SD_{A_1}{}^2}{A_1^2} + \frac{SD_{A_2}{}^2}{A_2^2}\right)\right)}$

2. $SD_{k_{10}} = k_{10}\sqrt{\left(\frac{SD_{k_{21}}{}^2}{k_{21}^2} + \frac{SD_{\alpha}{}^2}{\alpha^2} + \frac{SD_{\beta}{}^2}{\beta^2}\right)}$

3. $SD_{k_{12}} = \sqrt{SD_{\alpha}^2 + SD_{\beta}^2 + SD_{k_{21}}^2 + SD_{k_{10}}^2}$

4. $SD_{C_0} = C_0\sqrt{4\left(\frac{SD_{A_2}{}^2}{A_2^2} + \frac{SD_{\beta}{}^2}{\beta^2}\right) + 2\frac{SD_{\alpha}{}^2}{\alpha^2} + 5\frac{SD_{k_A}{}^2}{k_A^2} + \frac{SD_{k_{21}}{}^2}{k_{21}^2}}$

На рисунках 7, 8, 9 представлены концентрационные зависимости от времени, которые построены с помощью фармакокинетических параметров. Наборы фармакокинетических параметров, найденные разными методами, отличаются друг от друга и соответственно графики разные. В начале хотелось показать (рисунок 7), что экспериментальные точки определены с некоторыми отклонениями от модельной кривой первой камеры и они в качественном виде очень хорошо согласуются, с таким же успехом можно говорить о соответствии графиков для второй камеры.

Надо отметить, что на рисунке 9 представленные графики для второй камеры заметно отличаются в количественном виде, тогда как графики для первой камеры очень хорошо согласуются и в качественном, и в количественном случаях. Можно увидеть, что экспериментальные точки действительно находятся в заданных интервалах с заданной модельной кривой, от которой мы получили эти же экспериментальные точки, задавая некоторые отклонения в определенных значениях ошибок.

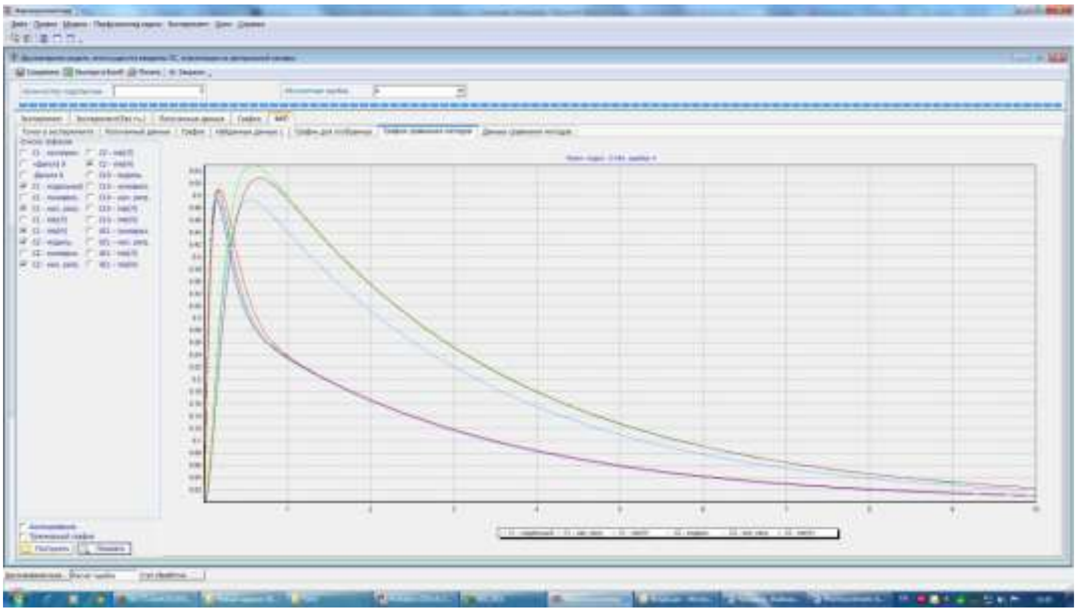


Рисунок 7 – Кинетические кривые первой и второй камер по найденным фармакокинетическим параметрам для соответствующих численных методов решения обратной задачи

По значениям стандартного отклонения параметров уравнения (1) можно выделить два набора фармакокинетических параметров, которые определены методами нелинейной регрессии и mix(H). Это можно увидеть на рисунке 9 по построенным графикам для первой и второй камер.

Целью работы является разработка методов определения и способов расчета действительных значений основных временных параметров линейной фармакокинетики при внесосудистом введении.

Внедрение вновь создаваемых препаратов в лечебную практику зависит не только от его собственных свойств, но и от уровня научных исследований – «научной инфраструктуры», сопровождающей его продвижение к рынку лекарственных средств. Использование фундаментальных трудов самых известных авторов в области фармакокинетики (монографии и периодика), а также современных компьютерных технологий для проведения численного эксперимента, обработки и анализа опытных данных позволит получить научный продукт, отвечающий всем требованиям, предъявляемым к таким исследованиям в мировой практике.

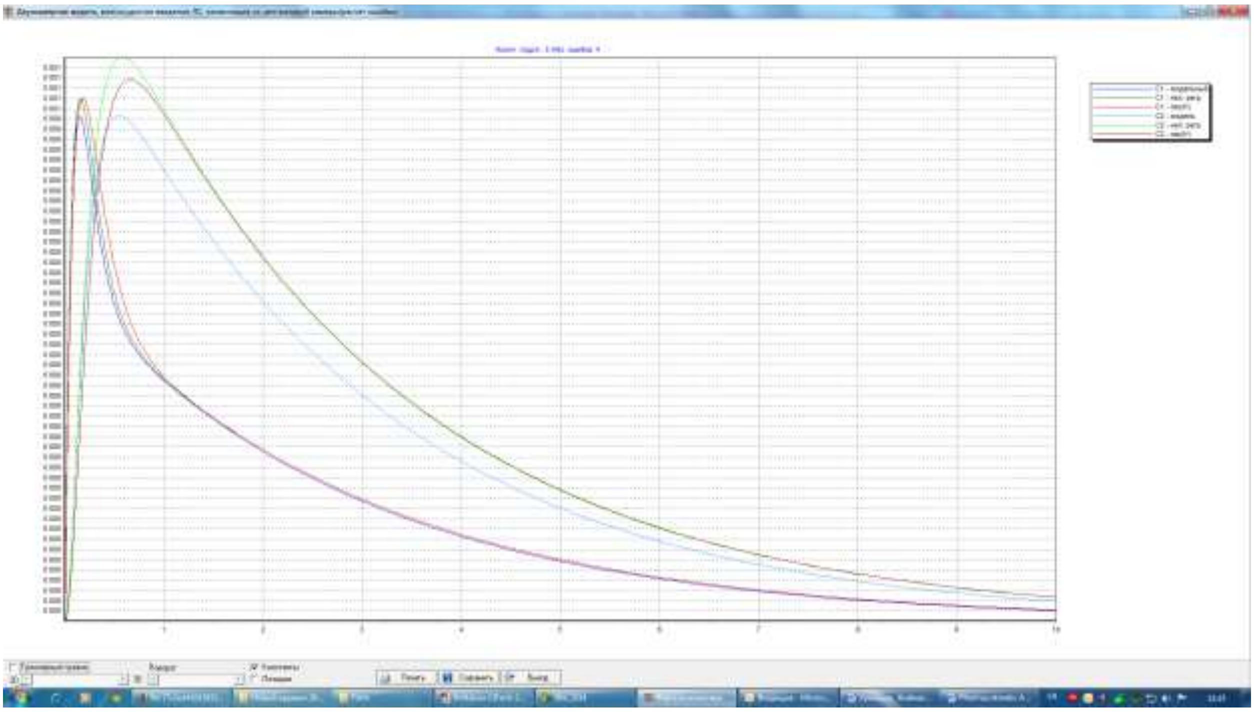


Рисунок 8 – Кинетические кривые первой и второй камер по найденным фармакокинетическим параметрам для соответствующих численных методов решения обратной задачи

Рисунок 9 – Экспериментальные точки и кинетические кривые первой и второй камер по найденным фармакокинетическим параметрам для соответствующих численных методов решения обратной задачи

Еще одним достоинством результатов планируемого исследования является то, что их применение не ограничивается конкретным классом препаратов.

В результате проведенных исследований будут изучены причины реализации неадекватных соотношений между основными временными параметрами фармакокинетики и разработаны методы получения и способы расчета их реальных значений. Экономическая эффективность возможного внедрения заключается в том, что использование результатов исследования позволит корректно интерпретировать значения полученных фармакокинетических параметров, оптимизировать на их основе схему дозирования лекарственных средств и, тем самым, повышать эффективность применяемого препарата.

Представлено систематизированное исследование, позволяющее не только выявить причины получения некорректных значений основных временных параметров фармакокинетики, но и предложить методы их определения и способы расчета их действительных значений для разных форм введения препарата.

1 Winter M., Basic Clinical Pharmacokinetics, Lippincott Williams&Wilkins,USA, 2013, - P.511.
2 Rowland M., Tozer T., Clinical Pharmacokinetics: Concepts and Applications, Lippincott Williams&Wilkins,USA, 2013, - P.601.
3 Murphy J., Clinical Pharmacokinetics, American Society of Health-System Pharmacists, 2008, P.-463.
4 Smith D. et al, Pharmacokinetics and Metabolism in Drug Design, Wiley-VCH Verlag GmbH&Co.KGaA, USA, 2006, P. -187.
5 Gabrielson J., Weiner D. Pharmacokinetic and Pharmocodynamic Data Analysis: concepts and Applications 4th edition, Kristianstads Boktryskeri AB, Sweden, 2006. - P.1254.
6 Rescigno A., Foundations of Pharmacokinetics, Kluwer Academic/Plenum Publishers, USA, 2003, -P.228.
7 Kallen A. Computational Pharmacokinetics, Chapman&Hall, USA, 2008. – P.170.
8 Юнкеров В.И., Григорьев С.Г. Математико-статистическая обработка данных медицинских исследований.- СПб.: ВМедА, 2002.-266с.
9 Урмашев Б.А., Турсынбай А.Т. О существовании трех решений для кинетической кривой промежуточного соединения //Горение и плазмохимия, 2009, том 7, №3, с. 243-250.

Аңдатпа. *Фармакокинетиканың сәйкес модельдерін сипаттайтын теңдеулер келтірілген. Кіші квадраттар әдісі келтірілген модель теңдеуленің параметрлерін анықтауда қолданылды. Бірақ статистикалық мәндер бағасына көп уақыттарда көңіл аударылмайды, сондықтан бұл жұмыс бірнеше маңызды статистикалық аспектілер мен сәйкес сенімділік интервалдармен анықталған фармакокинетикалық параметрлердің мәндерін табуды ұсынады. Статистикалық параметрлерді алу үшін жалпы принциптер мен әдістердің жолын ұсынады. Осы зерттеулер нәтижесінде фармакокинетиканың негізгі уақыттық параметрлері арасындағы түсініксіз арақатынастарды іске асырудың себептері талқыланады және олардың нақты мәндерін есептеу тәсілдері мен алу әдістері өңделеді. Зерттеулер нәтижелерін қолдану арқылы алынған фармакокинетикалық параметрлердің мәндерін корректі келтіруге болады. Фармакокинетикалық параметрлердің мәндерінің негізінде дәрілік заттардың дозалау схемасын оңтайландыра отырып қолданылатын дәрілік препараттардың эффективтілігін жоғарылату арқылы экономикалық эффективтілікке жетуге болады.*

Түйін сөздер: *Кіші квадраттар әдісі, Статистикалық параметрлер, фармакокинетикалық параметрлер.*

Abstract. *The equations that describe the corresponding model. Use the method of least squares to determine the parameters involved in the equations of the model, but are often poorly or not at all pay attention to the assessment of the statistical values. This work presents some important statistical aspects and finding of values of pharmacokinetic parameters with corresponding confidence intervals.*

Proposed general principle of the method and the procedure for obtaining statistical data. Developed a software product for investigation of the mathematical model to describe changes in the concentrations of drugs in the case of linear chamber models. The purpose of work is the development methods of determining and means for calculating the actual values of the main time parameters of linear pharmacokinetics in the extravascular administration. The introduction of the recreated products in medical practice depends not only on its own properties, but also on the level of scientific research - "scientific infrastructure", accompanying the promotion to the market of medicines. Using the most fundamental works of famous authors in the field of pharmacokinetics (monographs and periodicals) and modern computer technology for numerical experiment, processing and analysis of experimental data will provide scientific product that meets all the requirements for such research in the world. Another advantage of the results of the planned investigation is that their use is not limited to a specific class of drugs. The investigations will examine the reasons for inadequate implementation of the relations between the main pharmacokinetic time parameters and developed techniques for making and methods of calculating their real values. Economic efficiency of possible implementation is that the use of the results of investigation will allow correctly interpreting the obtained values of the pharmacokinetic parameters, optimize the drugs dosing and increase the effectiveness of the used drug.
Keywords: *method of least squares, statistical values, pharmacokinetic parameters*

УДК 536.46:533.6, 532.5:544.3, 517.958:537.84
Б.А. Урмашев, А.Т. Тұрсынбай*, Г.Ж. Бейсенбекова**

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ГОРЕНИИ АЦЕТИЛЕНА В ПРОГРАММЕ CWB

(Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, *-докторант, **-магистрант)

Аннотация. *Для исследования горения ацетилена в воздухе в программе CWB был выбран механизм, который описывает горение ацетилена. Механизм был выбран из базы программы. Механизм GRI 3.0, который описывает горение природного газа. Так как он не может полностью описать горение ацетилена, к нему были добавлены ещё некоторые реакции и реагенты из других механизмов. Эти реакции и реагенты были выбраны из механизмов AramcoMech 1.3 и nButan. Механизмы AramcoMech 1.3 и nButan - проверенные механизмы во многих экспериментах, реакторе притеснения, машинах быстрого отжима и другие [1].*
Ключевые слова: *ацетилен, механизм, редуцирование, стехиометрия, скорость горения.*

1.Введение

Несмотря на тип углеводородных топлив, но в зависимости от условий протекания реакций горения, молекулы топлива подвергаются либо пиролизу, либо окислительному пиролизу в более мелкие, простейшие углеводороды и углеводородные радикалы. Считается, что формирование сажевых частиц начинается с углеводородных молекул. Исследования структуры сажи показывают, что она представляет собой скопления небольших частиц почти сферической формы, содержащих приблизительно до 4000 индивидуальных частиц. Процесс формирования сажи зависит от вида топлива, условий горения, конструкции камеры сгорания, но в любом процессе сажеобразования можно выделить общие характерные стадии: разложение исходного углеводородного сырья на простейшие углеводороды; образование предшественников сажи; оброзование зародышей (ядер) сажи; поверхностный рост зародышей в процессе столкновений с реакционно способными промежуточными продуктами разложения топлива (радикалами) в газовой фазе; окисление сажевых частиц.

В полииновых моделях сажеоброзования предпологается, что каждый радикал, способный образовать полииновые комплексы, становится центром полимеризации, образование сажевых частиц трактуется как процесс разветвленной радикально-цепной полимеризации. Молекулы ацетилена и других полиинов имеют высокую термическую стабильность, и благодаря этому сохраняются в газовой фазе как стабильные структуры частиц углерода [2].

Возникновение сажи сложный процесс, который состоит из физических и химических элементов. Обычно образование сажи разделяют на две модели: основа возникновения сажи - газовая химия и малоисследованная в теории сажи модель твёрдых частиц в гетерогенной фазе.

2. Моделирование горения ацетилена в программе CWB

В программе Chemical WorkBench богатая база реакторов. Из этих реакторов для моделирования горения ацетилена и для сравнения результата с предыдушими работами был выбран реактор из группы «Kinetic reactor», «Flame reactor» с типом «Premixed». «Flame reactor» предназначен для моделирования скорости горения смеси, скорости реакций.

Для моделирования горения ацетилена в воздухе механизм выбран из базы программы GRI 3.0 и к нему было добавлено 35 реакции и 24 реагента, которые были взяты из механизмов n-Butane/oxygen/argon Mechanism, Saudi Aramco 1.3 Mechanism для полного описания горения ацетилена. Новый механизм состоит из 360 реакций и 77 реагентов, и дальнейшие эксперименты проводились с этим механизмом. Для проверки механизма проводился эксперимент с данными дессертации на тему «C1 - C4 Hydrocarbon Oxidation Mechanism» под руководством Ю. Варнатца, которая была написана в 2006 году.

Эксперимент проводился для начальных условий T = 298 K и ρ = 1бар, и проведено моделирование скорости горения смеси ацетилен-воздух (рис.1). Результаты сравнительных данных удовлетворительные [5]. Сравнение этого эксперимента с экспериментом, который проводился в программе, показано на рисунке 2 и оно показывает, что собранный механизм описывает горение ацетилена в воздухе. Другие сравнительные работы результатов показаны при начальном условии T = 298 K и ρ = 1бар, C_2H_2 - (0.7, 1.032, 1.29, 1.548, 1.806) на рисунке 3.

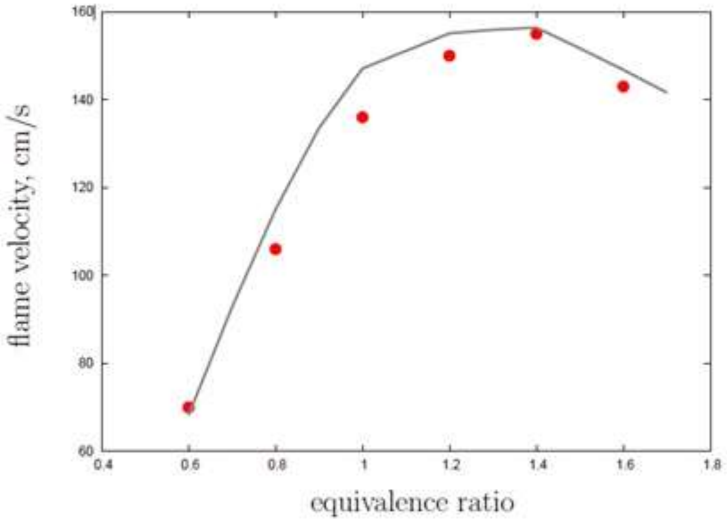


Рисунок 1. Скорость пламени горения смеси ацетилен – воздух (здесь линия – показывает модель, точка – экспериментные данные).

В основном пламя смеси передвигается в область заново добаляемый смеси. Пламя смеси удобно наблюдать в стеклянной трубке. Если стекляную трубку наполнить горючим и зажечь с конца, то область ламинарного пламени будет двигаться по газу, и можно будет различить горючего от продуктов сгорания. А также можно взять бездвижное пламя в трубке, для этого скорость распространения пламени должно быть равно входной скорости смеси в область пламени. Зависемости состава смеси температуры газа в области пламени могут достигать от 1300 К до 3000 К [4].

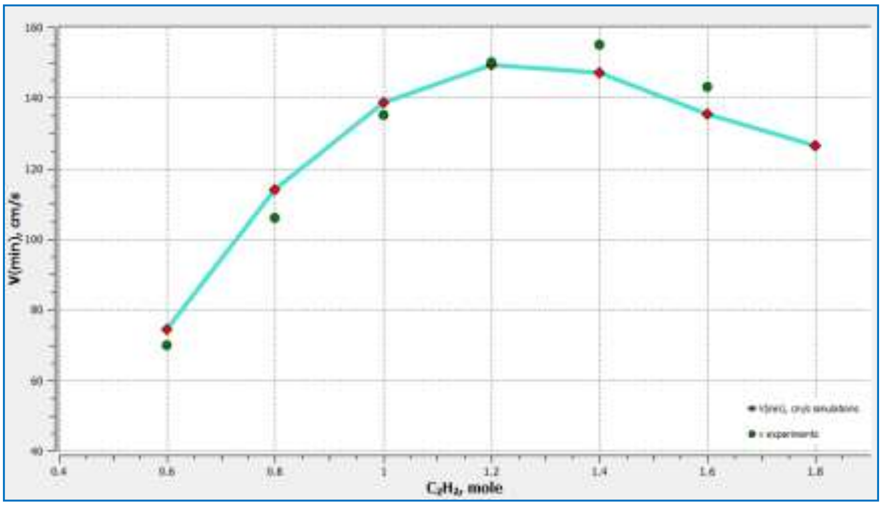
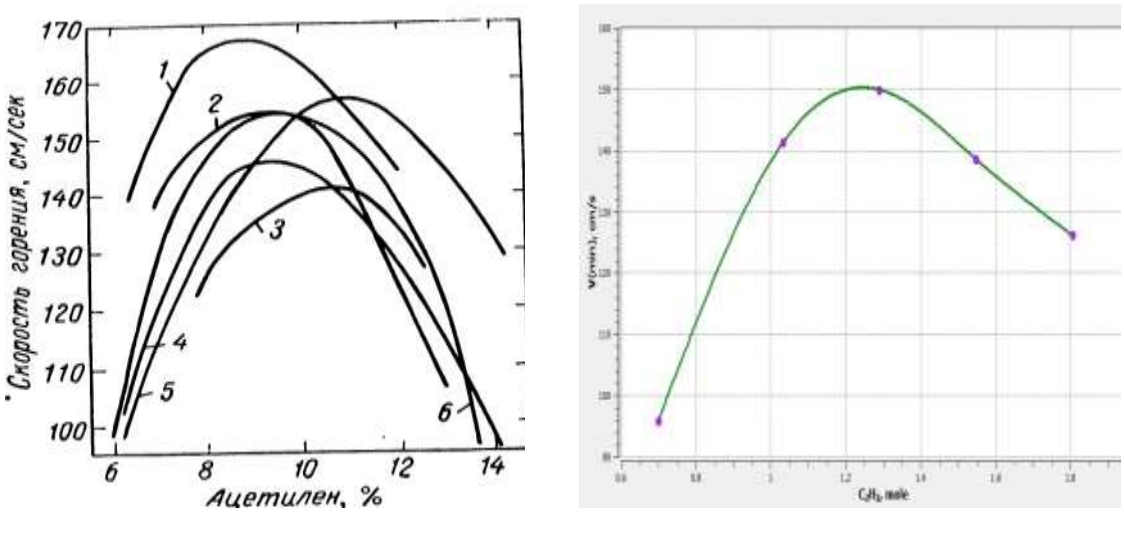


Рисунок 2. Скорость пламени горения смеси ацетилен – воздух.(здесь линия – показывает моделирование с собранным механизмом, точка – экспериментные данные, взятые из [3])



а б

Рисунок 3. Скорость горения ацетилена в воздухе при различных концентрациях. (а - 1- метод горелки с соплом; 2 - трубы; 3 – усовершенствованный метод трубы, 4 – бунзеновское пламя, насыщенное парами воды; 5 – метод мыльного пузыря; 6 – бунзеновское пламя [8] , б – в программе CWB)

Для эксперимента была взята стехиометрическая смесь ацетилена с воздухом, так как в таких смесях мало образуются вредные вещества и NO. Ацетилен состоит из C_2 –

92.3% , H_2 – 7.7%[4], это значит, что сам ацетилен является сажой и становится причиной возрождения других предшествиников сажи. Но конечными продуктами при горение ацетилена являются углекислый газ и вода, и до появление этих продуктов проходит множество реакций.

В программе CWB предусмотрено редуцирование кинетического механизма химических процессов. Это связанно с многофункциональностью программы.

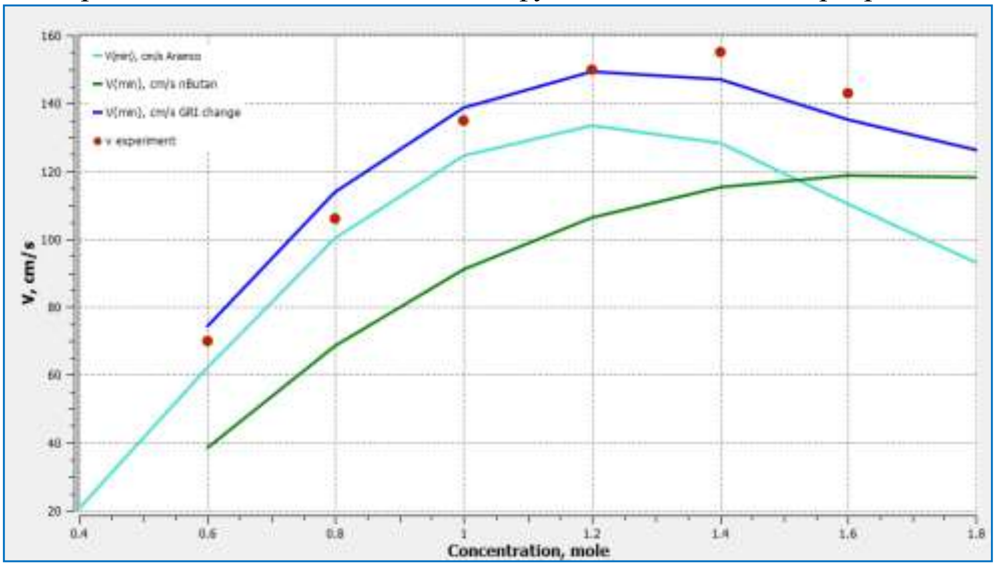


Рисунок 4. Скорость горения ацетилена в воздухе при различных концентрациях. T = 298 K, ρ = 1бар (голубой - Saudi Aramco 1.3 Mechanism, зелёный - n-Butane/oxygen/argon Mechanism, синий - GRI- 3.0 Acetylen – Air, точка – эксперимент)

2.1 Редуцирование кинетического механизма горения ацетилена в программе CWB

Для разработки кинетического механизма, его редуцирования и проверки использовался программный пакет для физико-химического моделирования Chemical Workbench[2], содержащий множество процедур и функций, облегчающих постановку задач, связанных с исследованием химической кинетики газофазных и гетерогенных процессов, их решение и анализ.

Эксперимент проводился в реакторе Calorimetric Bomb Reactor, который используется для моделирования зависимости разных параметров от времени.

Для получения редуцированного механизма из детального, который описывает те же свойства и поведение процесса горения ацетилена в воздухе в диапазоне начальных условий:

- ❖ Начальная температура: 1050 – 2350 K
- ❖ Начальное давление: 1 *ат*
- ❖ Стехиометрическое отношение ацетилен / воздух φ = 1

Для этого надо выполнить следуюшие задачи:

❖ Метод редуцирования Directed Relation Graph (Граф Прямых Связей) для идентификации и удаления ненужных веществ;

❖ Метод редуцирования Calculation Singular Perturbation (Метод Вычислительных Син-гулярных Возмущений) для идентификации и удаления ненужных реакций[6].

Использованные методы считаются простыми и эффектвными [7]. В этих методах выполняются одинаковые действия. Алгоритм ставит в соответствие каждой реакции число (вещество в случае DRG и реакцию в случае CSP) – индекс важности. Для DRG и CSP индекс важности нормирован и принимает значение от нуля до единицы. Меняя значение порогового индекса можно управлять степенью упрощения механизма и получать механизмы разных размеров и разной точности. Если пороговый индекс слишком мал, механизм не удается упростить – из него просто ничего не может быть исключено. Если пороговый индекс слишком велик, то в механизме не останется путей превращения реагентов в продукты, и химический процесс просто перестанет идти. Результаты представлены на следующих рисунках. Также результаты приведены в виде таблицы.

2.2 Моделирование возникновения вредных веществ при горении ацетилена в программе CWB.

Дальнейшие эксперименты для моделирования проводились редуцированным механизмом. Редуцированный механизм состоит из 281 реакции, из них 10 - прямая реакция, 271 - обратимая реакция. Этот механизм описывает зарождение вредных веществ при условиях: 1350-2350 К температура и 1 *ат* давление, стехиометрическое отношение ацетилен / воздух φ=1.

Таблица 1. Размеры мехнизмов, полученных после редуцирования для реакции стехиометрического горения ацетилена в воздухе (φ=1) с начальной температурой 1050 К при давлении 1*ат*.

Механизм	Реагенты	Реакции
Полный	77	360
DRG	64	333
CSP	64	281

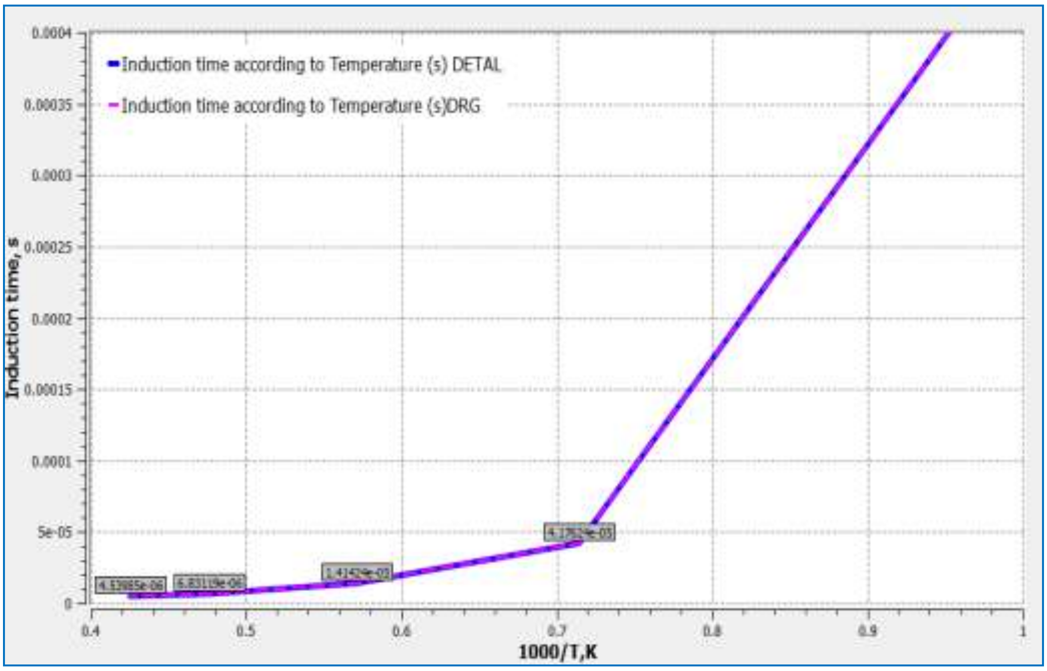


Рисунок 5. Зависимость времени индукции от температуры. (Полный и метод редуцирования DRG)

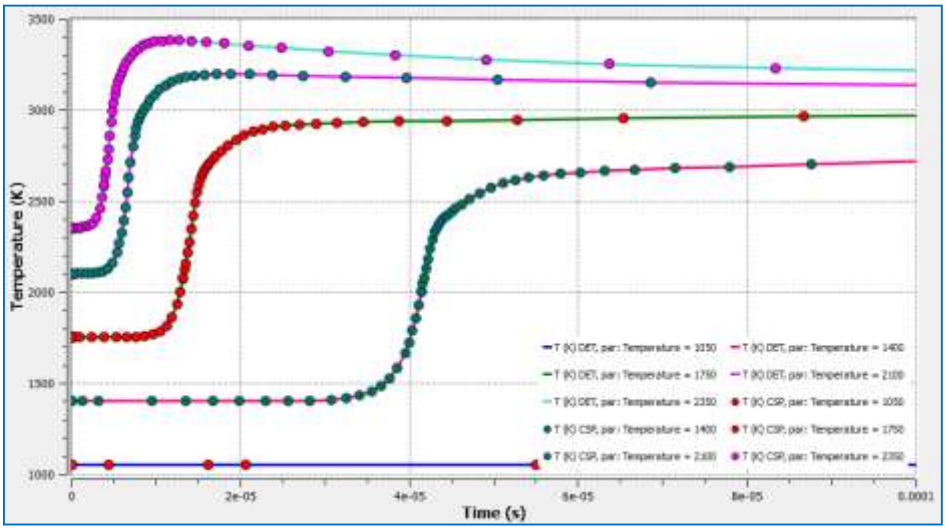


Рисунок 6. Изменение температуры зависимости от времени (Полный и метод редуцированиеCSP)

На схеме можно увидеть возникновение вредных веществ

$$C_2H_2 \rightarrow C_2H \rightarrow C_4H_2 \rightarrow C_4H \rightarrow C_6H_2$$

$$C_2H_2 \rightarrow C_2H \rightarrow CO \rightarrow CO_2$$

Из цепи зарождения вредных веществ можно увидеть, что ацетилен является основой их зарождения.

Сажа возникает при недогорании углеводородов и является мелкими частицами. Это особый продукт природы, который играет важную роль в наши дни. А также является главными загрязняющими веществами. Углеводород лидирует как источник энергии, и поэтому эффективнее использовать его, и при этом уделение внимания маловыделенным вредным веществам актуально [3]. Основой модели образование сажи является модель Суровкина и Fusco, показанная на схеме 1.

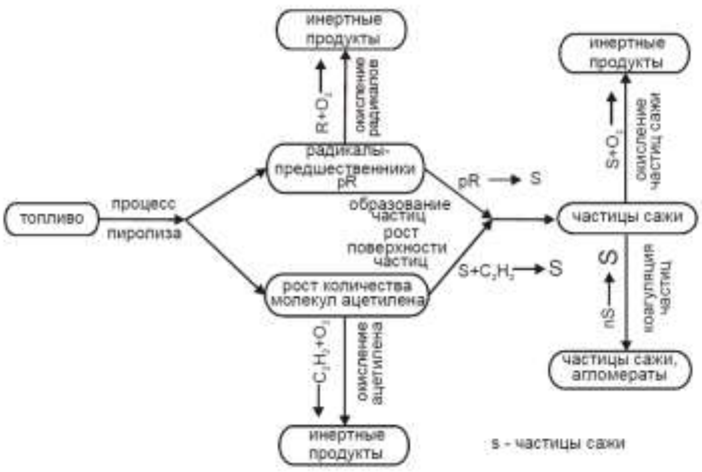


Схема 1 Модель Fusco.

В состав продуктов, образующихся в реакционной зоне пламени при горении предварительно приготовленных смесей, могут входить не только конечные продукты сгорания CO_2 и H_2O. Реакция горения ацетилена завершается в более холодном внешнем конусе пламени и в области диффузионного пламени. Если же атмосфера, в который происходит горение, не содержит необходимого количества кислорода, то среди продуктов сгорания обнаружатся заметное количество окиси углерода [8].

Как видно из рисунка 8, концентрация углекисленного газа больше чем оксид азота.

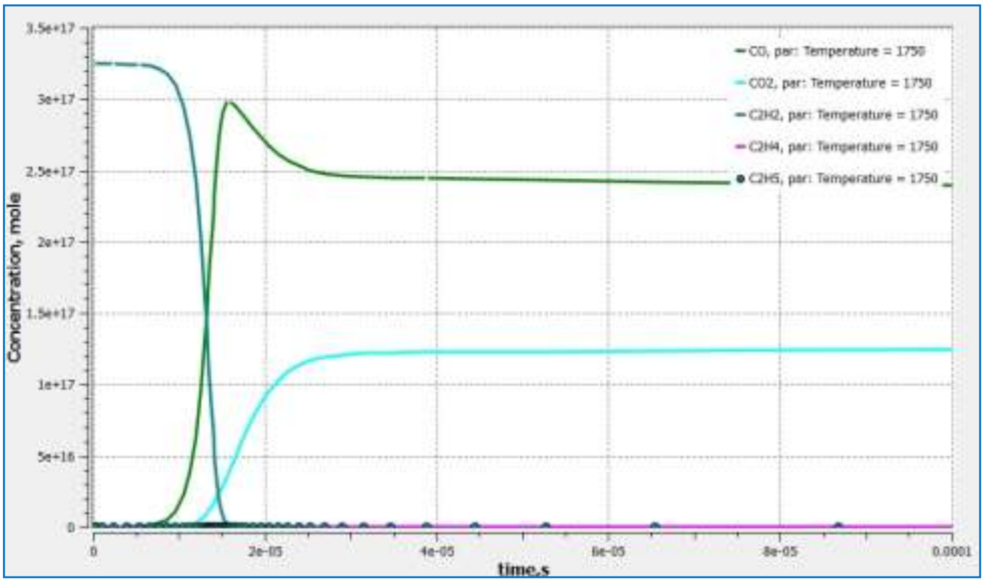


Рисунок 7. Концентрация вредных веществ, возникших при горении (CO, CO_2 , C_2H_2, C_2H_4, C_2H_5)

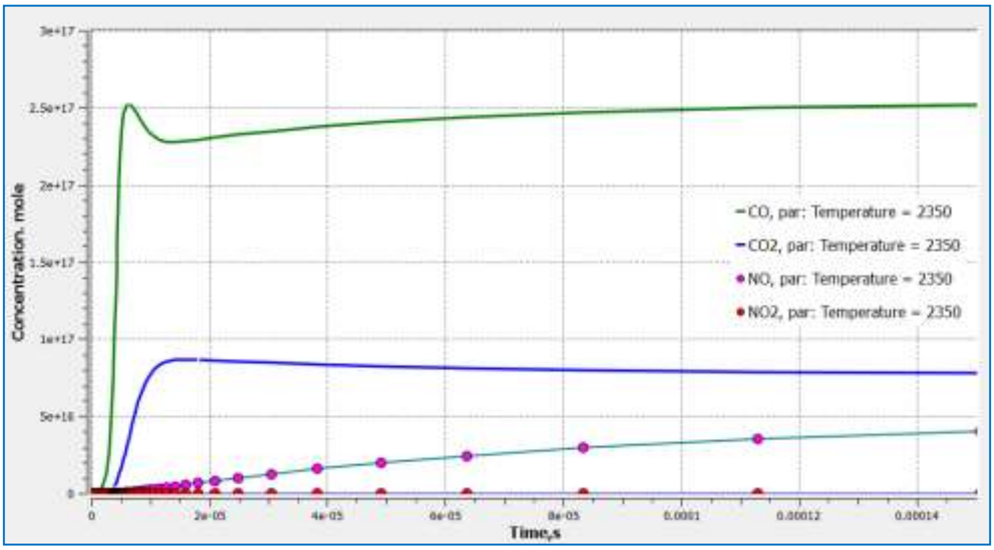


Рисунок 8. Концентрация вредных веществ, возникших при горении
(CO, CO_2, NO, NO_2, T = 2350 K, ρ =1 *am*)

NO и NO_2 являются вредными газами и предполагается, что их выделение в воздухе может привести к болезни дыхательных органов. При различных и высоких давлениях углекислый газ выделяется больше чем NO и NO_2 .

Как видно из рисунка, при росте давления время возникновения вредных веществ проходит быстрее и концентрация высше. Из 10 и 11 рисунков можно увидеть концентрации CO_2 и NO_2 в разных давлениях.

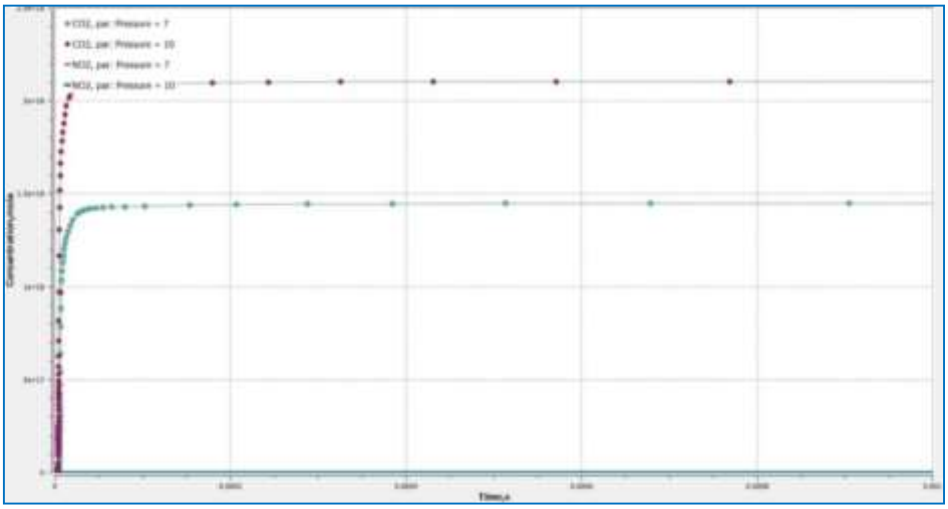


Рисунок 9. Концентрация CO_2, NO_2 при давлении 7,10 *am*..

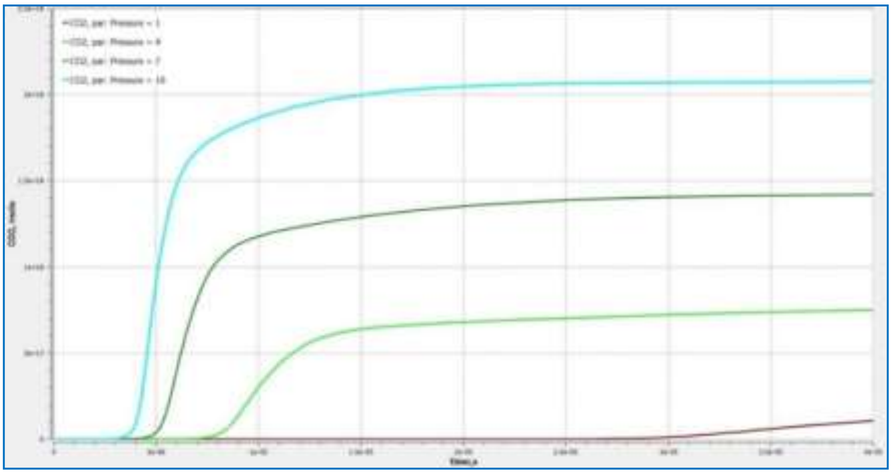


Рисунок 10. Концентрация CO_2. (10 *am*, 7 *am*, 4 *am*, 1 *am*)

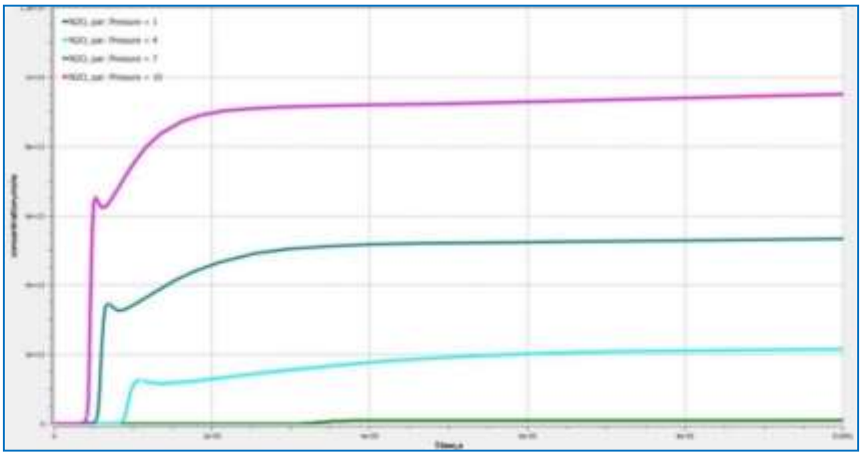


Рисунок 11**.** Концентрация NO_2. (10 *am*, 7 *am*, 4 *am*, 1 *am*)

Заключение

По исследовательским даным приходим к таким заключениям:

1. Был собран механизм для описания горения ацетилена в воздухе;

2. Были сравнены несколько механизмов в ходе исследования;
3. Получена модель скорости горения ацетилена в новом механизме;
4. Проведено редуцирование собранного механизма методами: *DRG*(Direct Relation Graph); *CSP*(Calculation Singular Perturbation);
5. С помощью моделей с разными параметрами и с разными зависимостями были получены модели вредных веществ, таких как сажа и оксид азота в разных параметрах.

1. Gong J. et al. A comparative study of n-propanol, propanal, acetone, and propane combustion in laminar flames // Proceedings of the Combustion Institute. – 2015. – Т. 35. – №. 1. – С. 795-801.
2. Левтеров А.М, Левтерова Л.И «Анализ математических моделей механизма сажеоброзования при сжигании углеводородных топлив», ISSN 2222-0631. Вісник НТУ «ХІІІ». 2013. №5 (979)
3. Крестинин А.В «Кинетика образования сажевых частиц при пиролизе углеводородов: Полииновая модель сажеобразования», 2000
4. Демидов П.Г., Саушев В.С. - Горение и свойства горючих веществ / учебное пособие, Москва,1975
5. Crina I. Heghes, Chem. Eng. “C1-C4 Hydrocarbon Oxidation Mechanism” Heidelberg, September 2006.
6. М.А. Деминский, А.С. Петрусёв, М.И. Стрелкова и Б.В. Потапкин “Влияние стехиометрии смеси на скорость производства NOx при использовании равновесных типов разрядов для стабилизации горения метан – воздушных смесей ”
7. Лебедев А.В., Окунь М.В., Баранов А.Е., Деминский М.А., Потапкин Б.В. “Систематическая процедура упрощения кинетических механизмов химических процессов”.
8. Miller S. A. Acetylene: its properties, manufacture, and uses. – Academic Press, 1966. – Т. 2

Аңдатпа. *Ацетиленнің ауада жануын CWB бағдарламасында зерттеу үшін ацетиленнің ауада жануын сипаттайтын механизм таңдалып алынады. Бағдарламаның деректер қорындағы табиғи газдың жануын сипаттайтын 325 реакция, 53 реагенттен тұратын GRI 3.0 механизмі алынды, алайда басқа тәжірибелік нәтижелермен салыстырғында толығымен ацетиленнің ауада жануын сипаттай алмайтын болғандықтан, бұл механизмге қосымша ацетиленнің ауада жануын сипаттайтын реакциялар мен реагенттер қосылды. Ол реакциялар мен реагенттер AramcoMech 1.3 жасалып шығарылғанына көп болмаған, негізінде C1 - C4 үлкен сандар сақтайтын көмірсутектер мен құрамында оттегі бар отындардың термохимиялық және кинетикалық қасиетін сипаттайтын химиялық кинетикалық механизм және nButan механизмдерінен алынды. AramcoMech 1.3 механизмі көптеген тәжірибелік есептеулерде, ығыстыру реакторлары, тез қысу машиналары, соққы құбырларында (түтік) тексерілген [1].*
Түйін сөздер: *ацетилен, жану, механизм, ықшамдау, стехиометрия, жану жылдамдығы.*

Abstract. *For the study of the combustion of acetylene in the air in the program CWB was chosen mechanism that describes the combustion of acetylene. The mechanism has been selected from a database program. GRI 3.0 mechanism that describes the burning of natural gas because it cannot fully describe the combustion of acetylene was added to it from other mechanisms still some reactions and reagents. These reactions and reagents were selected from the mechanisms and AramcoMech 1.3 nButan. Mechanisms AramcoMech 1.3 nButan and tested mechanisms in many experiments, the reactor oppression, rapid spinning machines and other [1].*
Keywords*: acetylene, burning mechanism reducing, stoichiometry, combustion rate.*

ӘОЖ 517.95; 534.21

К.М. Шияпов *

ӨЗАРА АРАЛАСПАЙТЫН СЫҒЫЛМАЙТЫН СҰЙЫҚТЫҚТЫҢ ҚОЗҒАЛЫСЫҢ САНДЫҚ ШЕШУ

(Алматы қ., Қазақ-Британ техникалық университеті, *-докторант)

Аңдатпа. *Мақалада өзара араласпайтын және сығылмайтын сұйықтықтардың фильтрациясын сипаттайтын шекаралық есептердің сандық аспектілері қарастырылады. Капиллярлардағы сұйықтықтың тығыздығы мен тұтқырлығы үшін транспорттық теңдеулері берілген. Сығылмайтын біртекті тұтқыр сұйықтықтың Стокс стационарлық теңдеулері үшін микроскопиялық деңгейде математикалық моделі келтірілді. Есептеулерді ұйымдастыру үшін бір уақыт қадамнан келесі қадамға проекция әдісін пайдаланылған. Итерациялық процесі барысында сандық шешу нәтижесін алу SOR әдісімен жүзеге асырылды*

Түйін сөздер: *Стокс есебі,сұйықтықтың фильтрациясы, SOR әдісі, Пуассон теңдеуі, сандық әдістер.*

Есептің қойылымы

$\Omega = \Omega^+ \cup \Omega^- \cup \gamma$ аймағында (1-сурет), мұндағы γ - Ω^+ және Ω^- аймақтарын бөліп тұрған шекара, келесі есепті қарастырымыз[1;2]:

$$\rho \frac{\partial u}{\partial t} = -\nabla p + \rho g + \nabla \cdot \mu\left(\nabla u + \nabla^T u\right) + \rho f \tag{1}$$

$$\nabla \cdot u = 0, \tag{2}$$

Бастапқы шарт

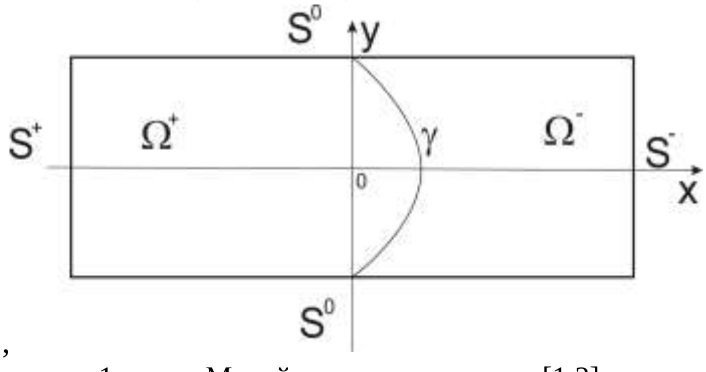
$$u(0,x) = u^0, x \in \Omega$$

$$p(0,x) = p^0, x \in \Omega$$

және шектік шарттары

$$u = 0,\ x \in S^0,$$

$$\left(\mu D(u) - pI\right) \cdot n = -p^{\pm} n,\ x \in S^{\pm}$$



,

1-сурет. Мұнайды сумен ығыстыру[1;2].

Сандық әдіспен шешу

Теңдеуді сандық әдіспен шешуде тура сандық моделінің шектік айырым әдісі арқылы тік төртбұрышты торды қозғалту жүзеге асырылады (staggered grid) [3]. Шектік айырым есебін интегралды-интерполяциялық әдістің көмегімен енгізілді (баланс әдісі) [4]. Есептеулерді ұйымдастыру барысында бір уақыт қадамнан келесі қадамға проекция әдісі қолданылады, атап айтқанда, қысымды түзету процедурасы (Second-Order Projection Method) [5]. Сығылмайтын сұйықтық жағдайда үздіксіздік теңдеу жылдамдық векторының ғана компоненттерден тұрады, сондықтанда қысым байқалмайтын тікелей байланыс бар екендігінен түсіндіріледі және оны қолдануды қажет етеді. Сығылған сұйықтық ағындары үшін тығыздық теңдеу арқылы қысымның векторлық жылдамдығы арқылы жүзеге асырылып, сондай-ақ мұндай орталарға осы процедураны қолдануды талап етіледі.

Қысымның түзетудің процедурасы (Second-Order Projection Method)

Қысымды түзетудің процедурасы пайдаланып, өрістің әр уақыт қадамында жылдамдығын есептеу екі кезеңде жүзеге асырылады. Алғашқы кезеңде үздіксіздік теңдеуін алмағанда аралық өріс жылдамдығы есептеледі. Келесі кезеңде, түзету өріс жылдамдығын үздіксіздік теңдеуі қамтамасыз ету үшін қолданылады. Осылайша нөлдік дивергенциясы бар векторлар кеңістікте өріс жылдамдығына «проекция» жасалады (осыдан проекциялау әдісі аталған). Егер (1) теңдеуді екі теңдеудің (3),(4) қосындысы түрінде келтіретін болсақ схеманы бөлшектеу арқылы оңай алуға болады:

$$\frac{u^* - u^n}{\Delta t} = g + \frac{1}{\rho^n}(\mu_0 \nabla^2 u^n)_h^{\ n} \qquad (3)$$

$$\frac{u^{n+1} - u^*}{\Delta t} = -\frac{\nabla_h p}{\rho^n} \qquad (4)$$

мұндағы n-жоғарғы индекс t-уақытындағы айнымалыны, ал $n+1$ - айнымалы уақыт аралығындағы $t+\Delta t$ уақытқа сәйкес; ∇_h - бұл градиенттің шеткі-айырымдық жуықтауды білдіреді, u^* - жылдамдық векторының аралық мәні. Шартты қанағаттандыратын етіп (4) теңдеуден қысым анықталуы тиіс:

$$\nabla_h \cdot u^{n+1} = 0 \qquad (5)$$

Дивергенция операторын (4) теңдеуге қолданамыз және (5) теңдеуді пайдалана отырып қысым үшін Пуассон теңдеуін аламыз:

$$\nabla_h \cdot \left(\frac{1}{\rho^n} \nabla_h p \right) = \frac{1}{\Delta t} \nabla_h \cdot u^* \qquad (6)$$

Қысым белгілі болса, онда (4) теңдеуді $n+1$ уақыт қадамындағы u^{n+1} жылдамдықты түзетуге қолданамыз.

Осылайша келесі есептеу схемасына келеміз:

1-ші кезеңде t^n уақыт аралығында u^n жылдамдығының векторлық компоненттері белгілі болады. (3) теңдеуден уақыт аралығындағы u^* жылдамдығын анықтаймыз;

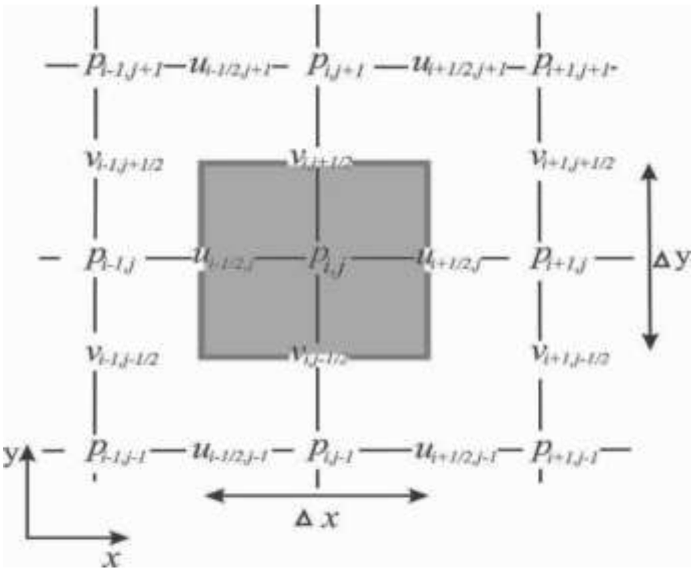
2-ші кезеңде уақыт аралығындағы u^* жылдамдығы арқылы қысым үшін Пуассон теңдеуін (6) шешеміз, p қысым өрісін анықтаймыз;

3-ші кезеңде уақыт аралығындағы u^* жылдамдығы, p қысым өрісін белгілі болғандықтан (4) теңдеуіне $n+1$ уақыт қадамындағы u^{n+1} жылдамдыққа түзетуге қолданамыз.

Пуассон теңдеуін (6) шешу үшін әрбір уақытта қадам тікелей және итерациялық әдістері ретінде пайдаланылуы мүмкін, ол тізбектес үшін жоғарыдан-релаксация SOR (Successive over-relaxation) әдісі қолданылды. Бұл әдістің артықшылығы әрбір итерация үшін қатесін төмендету болып табылады. Сонымен қатар, бұл әдіс оңай программаланады, сәйкестенбеген бағаны итерациялық процесінің соңында критерий ретінде пайдалануға ыңғайлы.

Кеңістіктіктегі дискретизация

Кеңістік пен уақыт аралығында есепті дискретизациялау үшін интегро-интерполяция әдісі (баланс әдісі) қолданылды [2]. Қарастырылып отырған аймақта тік төртбұрыш торын енгіземіз де қысым тордың ортасында, ал жылдамдық компонентері тордың шеткі жақтарында орналасқан деп есептейміз (2-сурет).



2-сурет. Сырғыған тор үшін пайдаланылатын көрсеткіштері. Тор орталығында қысым, ал жылдамдық компоненттері оның шеткі жағы бойынша анықталады.

Интегралды теңдеуді шешу үшін қарапайым көлемдік Гаусс-Остроградскийдің формуласын қолдана отырып (3),(4),(6) шектік айырым теңдеулері алынады.
(3) теңдеуді компонентері бойынша шектік айырым теңдеуін мына түрде береміз:

$$u^*_{i+1/2,j} = u^n_{i+1/2,j} + \Delta t \left\{ \left(-A_x\right)^n_{i+1/2,j} + \left(g_x\right)^n_{i+1/2,j} + \frac{1}{\frac{1}{2}\left(\rho^n_{i+1,j} + \rho^n_{i,j}\right)} \left(D_x\right)^n_{i+1/2,j} \right\} \tag{7}$$

$$v^*_{i,j+1/2} = v^n_{i,j+1/2} + \Delta t \left\{ \left(-A_y\right)^n_{i,j+1/2} + \left(g_y\right)^n_{i,j+1/2} + \frac{1}{\frac{1}{2}\left(\rho^n_{i,j+1} + \rho^n_{i,j}\right)} \left(D_y\right)^n_{i,j+1/2} \right\} \tag{8}$$

Мұнда келесі белгілеуді қолданып:

$$\left(D_x\right)^n_{i+1/2,j} = \mu_0 \left\{ \left(\frac{u^n_{i+3/2,j} - 2u^n_{i+1/2,j} + u^n_{i-1/2,j}}{\Delta x^2} \right) + \left(\frac{u^n_{i+1/2,j+1} - 2u^n_{i+1/2,j} + u^n_{i+1/2,j-1}}{\Delta y^2} \right) \right\} \tag{9}$$

және

$$\left(D_y\right)^n_{i,j+1/2} = \mu_0 \left\{ \left(\frac{v^n_{i+1,j+1/2} - 2v^n_{i,j+1/2} + v^n_{i-1,j+1/2}}{\Delta x^2} \right) + \left(\frac{v^n_{i,j+3/2} - 2v^n_{i,j+1/2} + v^n_{i,j-1/2}}{\Delta y^2} \right) \right\} \tag{10}$$

(4) теңдеуді компонентері бойынша шектік айырым теңдеуін мына түрде береміз:

$$u^{n+1}_{i+1/2,j} = u^*_{i+1/2,j} + \frac{\Delta t}{\frac{1}{2}\left(\rho^n_{i+1,j} + \rho^n_{i,j}\right)} \frac{p_{i+1,j} - p_{i,j}}{\Delta x} \tag{11}$$

және

$$v^{n+1}_{i,j+1/2} = v^*_{i,j+1/2} + \frac{\Delta t}{\frac{1}{2}\left(\rho^n_{i,j+1} + \rho^n_{i,j}\right)} \frac{p_{i,j+1} - p_{i,j}}{\Delta y} \tag{12}$$

(6) Пуассон теңдеуді шектік айырым теңдеуін мына түрде береміз:

$$\frac{1}{\Delta x^2}\left(\frac{p_{i+1,j}-p_{i,j}}{\rho^n_{i+1,j}-\rho^n_{i,j}}-\frac{p_{i,j}-p_{i-1,j}}{\rho^n_{i,j}-\rho^n_{i-1,j}}\right)+\frac{1}{\Delta y^2}\left(\frac{p_{i,j+1}-p_{i,j}}{\rho^n_{i,j+1}-\rho^n_{i,j}}-\frac{p_{i,j}-p_{i,j-1}}{\rho^n_{i,j}-\rho^n_{i,j-1}}\right)= \\ =\frac{1}{2\Delta t}\left(\frac{u^*_{i+1/2,j}-u^*_{i-1/2,j}}{\Delta x}-\frac{v^*_{i,j+1/2}-v^*_{i,j-1/2}}{\Delta y}\right) \quad (13)$$

Теңдеуді шешудің ең негізгі бөлігі алгоритімінде. Жоғарыда айтылып кеткендей оны шешу үшін SOR әдісі қолданылады. Ол үшін (13) теңдеу қайта қарастырылып, теңдеудің сол жақ бөлігін $p_{i,j}$ оқшаулау:

$$p^{\alpha+1}_{i,j}=\beta\left[\frac{1}{\Delta x^2}\left(\frac{1}{\rho^n_{i+1,j}-\rho^n_{i,j}}-\frac{1}{\rho^n_{i,j}-\rho^n_{i-1,j}}\right)+\frac{1}{\Delta y^2}\left(\frac{1}{\rho^n_{i,j+1}-\rho^n_{i,j}}-\frac{1}{\rho^n_{i,j}-\rho^n_{i,j-1}}\right)\right]^{-1} \\ \left[\frac{1}{\Delta x^2}\left(\frac{p^{\alpha}_{i+1,j}}{\rho^n_{i+1,j}-\rho^n_{i,j}}-\frac{p^{\alpha+1}_{i-1,j}}{\rho^n_{i,j}-\rho^n_{i-1,j}}\right)+\frac{1}{\Delta y^2}\left(\frac{p^{\alpha}_{i,j+1}}{\rho^n_{i,j+1}-\rho^n_{i,j}}-\frac{p^{\alpha+1}_{i,j-1}}{\rho^n_{i,j}-\rho^n_{i,j-1}}\right)- \right. \\ \left. -\frac{1}{2\Delta t}\left(\frac{u^*_{i+1/2,j}-u^*_{i-1/2,j}}{\Delta x}-\frac{v^*_{i,j+1/2}-v^*_{i,j-1/2}}{\Delta y}\right)\right]+(1-\beta)p^{\alpha}_{i,j} \quad (14)$$

(14) формуладағы релаксация параметрі $\beta>1$ шартты орындалатындай етіп таңдап алынады. Тұрақтылық әдісінің шарты бойынша $\beta<2$, сондықтан таңдап алынатын параметр $\beta=1.2-1.5$ тұақтылық пен жнақтылық әдісінің жақсы компромисы болып табылады.

Сандық алгоритм тұрақты егер уақыт қадамы өте аз болса. Уақыт өлшемінің қадамы диффузия теңдеуінің бөлігімен шектелсе:

$$\frac{\mu\Delta t}{\rho h^2}\le\frac{1}{4}\qquad (u\cdot u)\frac{\rho\Delta t}{\mu}\le 2 \quad (15)$$

мұндағы h-тор көзінің ең аз ұяшығы (x немесе y), u – максималды жылдамдық.

Сандық алгоритм Қысымды түзету процедурасында жоғарыда айтылғандай дискретті теңдеуді шешуде алынған келесі тізбектесті:

1. (7) және (8) теңдеулерді қолдана отырып сәйкесінше (9) және (10) диффузиялық мүшелерімен уақыт арлығындағы жылдамдығы анықталынады.
2. Шектік шарттарын мен (13), (14) теңдеулер арқылы қысым анықталынады.
3. (11) және (12) теңдеулер арқылы жылдамдыққа түзету енгізеледі.

Сығылмайтын ортадағы сұйықтықтың беттік керілуі Өзара араласпайтын сұйықтар арасындағы динамикасын сипаттау үшін нақты шекарадағы бөлік берілген полинома арқылы ықшамдау техникасы пайдаланылады (метод Front tracking) [6]. Бұл әдіс қозғалмалы фронттың салыстырмалы үлкен тор көздері үшін де орындалады.

Екі ортаныны бөлетін бет нүкте арқылы өтетін болса онда координатасы:

$$x_f(l)=(x(l),y(l)),l=1,...,N_f \quad (16)$$

Фронт нүктесінің қозғалысын жылдамдық пен қысымның мәндері арқылы интерполяциялаймыз. Негізінде, интерполяциялаудың әртүрлі әдістері бар, ал біз бисызықты интерполяциялауды қолданамыз. Ол үшін жақын фронтағы регулярлық тордағы түйіндерді анықтаймыз да сол нүктелердің координатасы, жылдамдық пен қысымның мәндерін (формулада ϕ) есептейміз:

$$\phi^l_f=\phi_{i,j}\left(\frac{x_{i+1}-x_f}{\Delta x}\right)\left(\frac{y_{i+1}-y_f}{\Delta y}\right)+\phi_{i,j+1}\left(\frac{x_{i+1}-x_f}{\Delta x}\right)\left(\frac{y_f-y_i}{\Delta y}\right)+$$

$$+\phi_{i+1,j}\left(\frac{x_f - x_i}{\Delta x}\right)\left(\frac{y_{i+1} - y_f}{\Delta y}\right)+\phi_{i+1,j+1}\left(\frac{x_f - x_i}{\Delta x}\right)\left(\frac{y_f - y_i}{\Delta y}\right) \tag{17}$$

мұндағы x_i - x-координатасы тордағы сол жағындағы фронт нүктесінің тік сызығы, және y_j - y- координатасы тордағы астынғы жағындағы фронт нүктесінің жатық сызығы, $\phi_{i,j}$ - тордағы сол жағындағы және астындағы белгілиенген нүктенің ϕ мәні. Біз (17) формуладан әр нүктенің жылдамдық мәнін анықтап, фронттың келесі нүктесіне көшіреміз. Егер біз қарапайым бірінші ретті интегралды уақыт бойынша қолданатын болсақ, онда келесі жаңа нүктенің орны анықталынады:

$$x_f^{n+1} = x_f^n + \Delta t u_f^n \tag{18}$$

Қорытынды.

Өзара араласпайтын және сығылмайтын сұйықтықтардың қозғалысының сандық нәтижелері алынды. Сонымен қатар сандық талдау теориясын пайдалана отырып мұнайды сумен ығыстыру классикалық модельдерді кейбір ішкі артефактілер анықталды.

Бұл жұмыс Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің жобаларының 1771/ГФ4, 0981/ГФ4, 0980/ГФ4 қолдауымен өтті.

1) A. Meirmanov, R. Zimin, K. Shiyapov, The Маскет problem at the microscopic level for a single capillary, Boundary Value Problems 2015, 2015:71 doi:10.1186/s1366101503344.
2) А.М. Мейрманов, Г.В. Решетова, К.М. Шияпов, Движения двух несмешивающихся жидкостей на микроскопическом уровне//Вестник. Серия “Физико-математические науки”.2015,№2(50).-С.76-83.
3) J. Virieux. P-SV wave propagation in heterogeneous media: velocity-stress finite-difference method // *Geophysics*, vol. 51 issue 4, 1986, pp.889–901.
4) Самарский А. А. Введение в теорию разностных схем //М.: Наука, 1971.— 552 с.
5) John B Bell, Phillip Colella, Harland M Glaz. A second-order projection method for the incompressible navier-stokes equations // Journal of Computational Physics, Vol. 85, issue 2, 1989, pp. 257–283.
6) Salih Ozen Unverdi, Grétar Tryggvason. A front-tracking method for viscous, incompressible, multi-fluid flows // Journal of Computational Physics, Volume 100, Issue 1, 1992, Pages 25–37.

Аннотация. *В данной статье рассматриваются некоторые аспекты численного решения краевой задачи со свободной границей, описывающей фильтрацию несмешивающихся несжимаемых двух жидкостей. Данная математическая модель на микроскопическом уровне состоит из стационарного уравнения Стокса для несжимаемой неоднородной вязкой жидкости и находится в изолированных капилляров в полностью твердом скелете и уравнения транспорта для неизвестной плотности и вязкости жидкости. При численных расчетах использован метод SOR и его достоинства является уменьшение нормы ошибки на каждой итерации.*

Ключевые слова: *задача Стокса, фильтрация жидкости, метод SOR, уравнение Пуассон, численные методы.*

Abstract. *This article discusses some aspects of the numerical solution of boundary problem with a free boundary. The free boundary describes the filtration of two immiscible incompressible fluids. This mathematical model at the microscopic level consists of a Stokes equation for an inhomogeneous incompressible viscous fluid in isolated capillaries in an absolutely rigid skeleton and the transport equation for the unknown density and viscosity of the fluid. In numerical calculations used SOR method and its advantages is to reduce the rate of error for each iteration.*

Keywords*: Stokes problem, fluid filtration method SOR, Poisson equation, numerical methods.*

ФИЗИКА. ФИЗИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ
ФИЗИКА. МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ

УДК 531+539.376

К. Бисембаев

ВЫВОД УРАВНЕНИЯ НЕГОЛОНОМНЫХ СВЯЗЕЙ, РЕАЛИЗУЕМЫХ ОПОРАМИ КАЧЕНИЯ СО СПРЯМЛЕННЫМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ НА РЕЛАКСИРУЮЩИХ ГРУНТАХ

(г.Алматы, Институт Механики и Машиноведения им. У. А. Джолдасбекова,
Казахский национальный педагогический университет имени Абая)

Аннотация. *Практическое значение имеют неголономные системы с деформируемыми телами. Особенности задачи механики неголономных систем с деформируемыми телами заключаются в том, что помимо классических неголономных связей необходимо указывать новую группу неголономных и голономных связей, определяющих положение точек контакта деформируемого тела. Получены кинематические соотношения связывающих параметров, характеризующих положение точек контакта деформируемого грунта (несущего и носимого тел) при качении опоры. Получены уравнения неголономных связей, реализуемыми опорами качения со спрямленными поверхностями на релаксирующих грунтах*

Ключевые слова: *неголономных связей, виброзащитных устройств, опора качения, сейсмоизоляция, релаксирующих грунт.*

1.Введение

В настоящее время неголономные системы находят все более значительное применение в различных областях механики. К таким системам относятся автомобиль, самолет на посадочной полосе, железнодорожный состав, угольный врубовый комбайн, дизель-троллейвоз, различной конструкции вариаторы и фрикционные механизмы с переменным передаточным числом, используемые в вычислительной технике, в автоматически управляемых металлорежущих станках, в гибких конусных и клиноременных передачах, сооружениях с кинетическими фундаментами [1-4].

В связи с изучением динамических свойств систем с неголономными связями стали актуальными исследования в областях таких специальных вопросов, как теория малых колебаний, устойчивость движения, теория соударений, элементы теории оптимального управления в неголономных системах.

Цель настоящее работы является вывод уравнение связей налагаемых на движения опоры качения ограниченных поверхностями вращения высокого порядка по релаксирующих грунтах.

2. Некоторые соотношения связывающих параметров, характеризующих деформации грунта (несущего и носимого тел) при качении опоры

Механические свойства реальных тел весьма разнообразны. Наряду с в достаточной мере упругими встречаются тела, почти лишенные этого свойства (пластические тела). Напряженное состояние некоторых из них в значительной степени зависит от скорости деформирования (вязкопластические тела). В ряде случаев

последние обладают свойством заметным образом изменять напряженное состояние при постоянной деформации (свойство релаксации), а также изменять деформированное состояние при постоянном напряжении (свойство последействия).
Многие тела ведут себя как упругие при достаточно малых деформациях и как пластические при больших деформациях.

Весьма часто явления релаксации и последействия, известные под общим названием наследственности, наблюдается у тел, которые при быстром деформировании неотличимы от вполне упругих.

Простейшими законами, которым подчиняется деформирование реальных тел, являются те, которые выражаются линейными соотношениями между характерными переменными деформации: напряжением, деформацией и их производными по времени. Реальные тела, вообще говоря, не подчиняются таким линейным законам. Тем не менее, надлежащим образом используя линейные законы, можно построить идеализированные тела, механические свойства которых имеют тот же качественный характер, что и у реальных тел.

Остановимся на связи между напряжением и деформацией не вполне упругого и вязкоупругого тела без пластических свойств. Для выражения закона, которому подчиняется деформирование упругих тел, достаточно иметь зависимость между их деформацией и значениями сил (нагрузок), производящих эту деформацию.

Но этого недостаточно для описания процесса деформирования не вполне упругих тел, где существенную роль играют также скорости изменения нагрузок и деформации. Если имеет место деформация не вполне упругого тела, то характерными величинами для процесса деформирования являются помимо напряжения P_σ и относительной деформации U, также их скорости изменения $\frac{dP_\sigma}{dt}$ и $\frac{dU}{dt}$.

Перечисленные величины удовлетворяют некоторые соотношения, выражающие закон деформирования не вполне упругого тела.

Остановимся на законе деформирования как на достаточно универсальном и простом для использования в различных конкретных задачах механики

$$H_M \cdot n_p\dot{U} + E_g U = P_\sigma + n_p\dot{P}_\sigma, \tag{1}$$

где H_M – представляет собой мгновенный модуль упругости, а E_g – длительный модуль упругости, коэффициент n_p является временем релаксации напряжения. Материал, который подчиняется закону деформирования (1), называется обобщенно упруго-вязким материалом.

Для облегчения задачи рассмотрим предельный случай линейной зависимости (1), деформирование которого подчиняется соотношению

$$P_\sigma = E_g U + \mu\frac{dU}{dt}. \tag{2}$$

Соотношение (2) было использовано Томпсоном для описания явления последействия. Закон Томпсона получается из (1) в результате предельного перехода при $H_M \to \infty, n_p \to 0$, при условии $n_p \cdot H_M = \mu$, где μ– ограниченная величина, называется коэффициентом внутреннего трения.

Применяя терминологию, используемую А. Ю. Ишлинским в работе [5], назовем несущее и носимое тела, деформация которых, подчиняются закону (2), релаксирующим грунтом. Удельное давление (нагрузка) P_σ производимое силами давления опоры качения на грунт, будем считать зависящими от расстояния S до вертикальной плоскости, проходящей через наинизшей точки соприкосновения опоры качения с основанием.

Поверхность соприкосновения опоры качения с грунтом представляет собой поверхность сегмента тела вращения, ограниченного поверхностями параболоидов высокого порядка, передний край которого удален от вертикальной плоскости, проходящей через наинизшей точки соприкосновения опоры качения с основанием, на некоторое расстояние $s_2 < 0$ (начало соприкосновения опоры качения с грунтом), а задний – на расстояние $s_1 > 0$ (конец соприкосновения).

При движении опоры качения наинизшая точка A опустится ниже поверхности недеформированного грунта на некоторую глубину U_0, представляющую одновременно осадку грунта над осью Az опоры качения рисунок 1. Теперь определим осадку в некоторой точке B с точностью до малых четвертого порядка.

Обозначим через z_s и s координаты точки грунта B относительно подвижной системы координат $Az_s s$, начало которой находится в наинизшей точке опоры качения A, а ось z_s вертикальна к плоскости соприкосновения грунта.

Так как эта система координат перемещается поступательно со скоростью V влево вместе с опорой качения, то абсцисса s точки B с течением времени уменьшается и очевидно

$$\frac{ds}{dt} = -V\,,$$

где $V-$ скорость центр тяжести опора качения.

Преобразуем систему координат $O_1r_1z_1$, связанную с опорой качения, на систему координат Azs (рисунок 1).

$$r_1 - r_1^A = s\cdot\cos\theta - z_s\cdot\sin\theta;$$
$$z_1 - z_1^A = s\cdot\sin\theta + z_s\cdot\cos\theta.$$

При малых θ

$$\begin{aligned} r_1 - r_1^A &= s - z_s\cdot\theta; \\ z_1 - z_1^A &= z_s + s\cdot\theta - \frac{z_s\theta^2}{2}. \end{aligned} \qquad (3)$$

Замечая, что

$$\gamma_g = \sigma_g + \theta, \quad tg\sigma_g = \frac{z}{s}, \quad tg\gamma_g = \frac{z_1 - z_1^A}{r_1 - r_1^A}.$$

Находим

$$\frac{z_1 - z_1^A}{r_1 - r_1^A} = \frac{z_s}{s} + \theta. \qquad (4)$$

Из выражений (3) и (4) получим

$$z_s = \frac{\theta\cdot s}{2} \qquad (5)$$

Осадок грунтов точки B с точностью до малых четвертого порядка равен

$$U = U_0 - z_s \text{ или } U = U_0 - \frac{\theta\cdot s}{2}\,. \qquad (6)$$

Скорость оседания грунта с какой-либо точкой B под опорой качения составит величину

$$\frac{dU}{dt} = -\frac{dz_s}{dt} = -\frac{1}{2}\frac{d(\theta\cdot s)}{dt} = -\frac{\dot\theta\cdot s}{2} - \frac{\theta}{2}\cdot\frac{ds}{dt}. \qquad (7)$$

Абсцисса и скорость начала систем координат $O_1x_1y_1z_1$ относительно Azs определяются формулой

$$s_{O_1} = r_1 \cos\theta + z_1 \sin\theta \approx r_1 + z_1\theta;$$
$$\frac{ds}{dt} = \frac{ds_{O_1}}{dt} = \dot{r}_1 + \dot{z}_1\theta + z_1\dot{\theta}. \tag{8}$$

Подставляя (8) в (7) и пренебрегая малыми до второго порядка относительно θ получим

$$\frac{dU}{dt} = -\frac{1}{2}\left(\dot{\theta}s - \theta\dot{r}_1\right). \tag{9}$$

Заметим, что производную по времени от удельного давления опоры качения на грунт можно выразить через производную по абсциссе s соответствующей точки грунта.

Действительно

$$\frac{dP_\sigma}{dt} = \frac{dP_\sigma}{ds}\frac{ds}{dt} = \frac{1}{2}\frac{dP_\sigma}{ds}\left(\dot{\theta}s - \theta\dot{r}_1\right) = \frac{1}{2}\frac{dP_\sigma}{ds}\dot{r}_1. \tag{10}$$

В начале соприкосновения опоры качения с грунтом $\left(s = s_2 < 0\right)$ осадок U равен нулю (это будет следовать из законов, которым подчиняется грунт). Следовательно

$$0 = U_0 - \frac{\theta s_2}{2}; \text{ откуда } U_0 = \frac{\theta s_2}{2}. \tag{11}$$

В конце соприкосновения $\left(s = s_1 > 0\right)$ осадок, вообще говоря, не равен нулю, но удельное давление следует считать равным нулю, так как грунт в этом месте отходит от опоры качения.

Таким образом

$$P_\sigma\left(s_1\right) = 0, \quad \left(s_1 > 0\right). \tag{12}$$

Удельное давление в начале соприкосновения $\left(s = s_2 < 0\right)$ может быть как равно нулю, так и отлично от нуля. Это зависит от того, какому закону подчиняется грунт.

Рассмотрим релаксирующий грунт, который подчиняется закону (2). При качении абсолютно жесткой опоры качения по релаксирующему грунту удельное давление распределяется по поверхности соприкосновения согласно (2) следующим образом

$$P_\sigma = E_g U + \mu\frac{dU}{dt} = E_g\left(U_0 - \frac{\theta s}{2}\right) - \frac{1}{2}\mu\left(\dot{\theta}s - \theta\dot{r}_1\right). \tag{13}$$

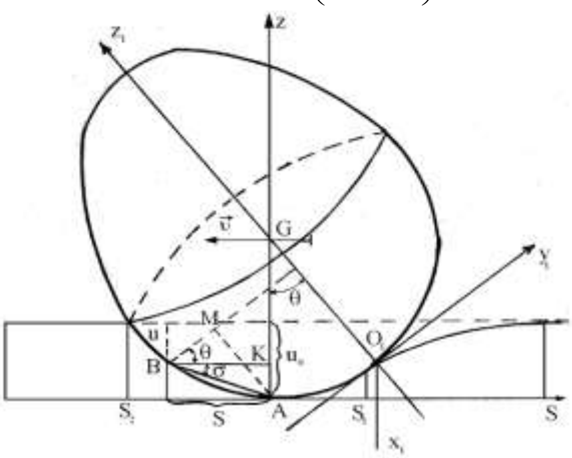


Рисунок 1 – Схема опора качения деформированными основаниями

Учитывая выражения (1) и (13) напишем условия (12) в развернутом виде

$$s_2 - \left(1 + \frac{\mu}{E_g}\frac{\dot{\theta}}{\theta}\right)s_1 + \frac{\mu}{E_g}\dot{r}_1 = 0, \tag{14}$$

так как

$$\frac{\mu}{E_g}\frac{\dot{\theta}}{\theta} << 1,$$

то выражения (14) можно упростить и привести к виду

$$s_2 - s_1 = -\frac{\mu}{E_g}\dot{r}_1 \qquad (14')$$

3. Уравнения связей

Запишем уравнения связей, наложенных на движение используемой механической системы. Поскольку предполагается отсутствие проскальзывания при качении в точке контакта между телом-носителем (опора качения) и несущим телом (опорная плита фундамента) (точка B_{is}), то для выражения связи нужно написать, что относительная скорость материальной точки, находящейся в соприкосновении, равна нулю [6],[7],[8]. С учетом деформируемости грунта уравнение связи имеет вид:

$$\dot{\vec{r}}_0 + \left[\vec{\Omega}_0 \times \overrightarrow{OB_i}\right] - \vec{V}_{O'i} - \left[\vec{\omega}_{O'i} \times \overrightarrow{O'B_{is}}\right] = -\dot{\vec{U}}_{1i}(s), \quad (i = 1,2,...,k), \qquad (15)$$

$\dot{\vec{r}}_0$ и $\vec{\Omega}_0$ – вектор линейной и угловой скорости несущего тела, $\vec{V}_{O'i}$ – скорость центра масс $i-$го тела-носителя, $\vec{\omega}_{O'i}$ – угловая скорость тела – носителя, $\dot{\vec{U}}_{1i}(s)$ – скорость изменения деформации поверхности соприкосновения $i-$ое опоры качения с несущим телом , $\overrightarrow{\bar{O}B_i}$ – радиус вектор наинизшей точки контакта поверхности соприкосновения $i-$й опоры качения с несущим телом относительно системы координат $\bar{O}X_0'Y_0'Z_0'$, $\overrightarrow{O'B_{is}}$ – радиус вектор точки контакта поверхности соприкосновения i –й опоры качения с несущим телом относительно системы координат связанного с телом – носителем.

Уравнение связей, выражающее отсутствие проскальзывания в точке контакта тела – носителя и носимого тела (точка $\grave{A}_{iS}$) имеет вид:

$$\dot{\vec{r}}_c + \left[\vec{\Omega}_c \times \overrightarrow{CA_i}\right] - \vec{V}_{O'i} - \left[\vec{\omega}_{O'i} \times \overrightarrow{O'A_{iS}}\right] = \dot{\vec{U}}_{2i}(s), \ (i = 1,2,...,k), \qquad (16)$$

где $\dot{\vec{r}}_c$ – вектор скорости центра масс виброзащищаемого тела, $\vec{\Omega}_c$ – угловая скорость виброзащищаемого тела, $\dot{\vec{U}}_{2i}(S)$ – скорость изменения деформации поверхности соприкосновения $i-$ й опоры качения с носимым телом. $\overrightarrow{CA_i}$ – радиус вектор наивысочайшей точки контакта поверхности соприкосновения i – й опоры качения с носимым телом относительно системы координат $\tilde{N}X'Y'Z'$, $\overrightarrow{\hat{I}'\grave{A}_{iS}}$ – радиус вектор точки контакта поверхности соприкосновения $i-$й опоры качения с несущим телом относительно системы координат, связанной с телом – носителем.

Имеет место следующее соотношение

$$\overrightarrow{\hat{I}\grave{A}_{is}} = \vec{\rho}_{Ai} - \vec{e}_{Ai}(s), \overrightarrow{\hat{I}B_{is}} = \vec{\rho}_{Bi} - \vec{e}_{Bi}(\tilde{s}), \qquad (17)$$

где $\vec{\rho}_{Ai}$ – радиус вектор самой верхней точки контакта A_i поверхности соприкосновения $i-$й опоры качения с носимым телом относительно системы координат $O'\xi\eta\zeta$, связанной с опорами, $\vec{\rho}_{Bi}$ – радиус вектор наивысшей точки контакта B_i поверхности соприкосновения i – й опоры качения с несущим телом относительно системы координат $O'\xi\eta\zeta$, связанной с опорами качения. Принимая во внимание соотношение (17), преобразуем уравнения связей (15) и (16) к виду

$$\dot{\vec{r}}_0 + \left[\vec{\Omega}_0 \times \overrightarrow{\hat{I}B_i}\right] - \vec{V}_{O'_i} - \left[\vec{\omega}_{O'_i} \times \vec{\rho}_{B_i}\right] - \left[\vec{\omega}_{O'_i} \times \vec{e}_{B_i}(\tilde{s})\right] = -\dot{\vec{U}}_{1i}(\tilde{s}), \qquad (18)$$

$$\dot{\vec{r}}_c + \left[\vec{\Omega}_c \times \overrightarrow{CA_i}\right] - \vec{V}_{O'_i} - \left[\vec{\omega}_{O'_i} \times \vec{\rho}_{A_i}\right] - \left[\vec{\omega}_{O'_i} \times \vec{e}_{A_i}(s)\right] = \dot{\vec{U}}_{2i}(s). \qquad (19)$$

Уравнения связей (18) и (19) зависят от параметров s и $\tilde{s}$, характеризующих деформации поверхности несущего и носимого тела при качении опоры. Связь идеальна, следовательно, сила реакции, обеспечивающая выполнения заданных условий (18) и (19) ортогональна к поверхностям соприкосновения носимого и несущего тел с опорами качения.

Предполагаем, что деформации поверхности носимого и несущего тел при качении опоры малы. Тогда можно считать, что поверхность соприкосновения плоская. Поэтому все силы реакции, заданные уравнениями (18) и (19), имеют одно и то же направление.

Полученное уравнение связи (18) и (19) в проекциях на оси систем координат весьма сложное и объемное. Следовательно, уравнения связей в проекциях на оси систем координат приводит к затруднению при получении уравнения движения. Поэтому примем предположения о малости колебательного движения системы

При сделанных предположениях можно значительно упростить уравнения связей, отбросив члены второго и выше порядков малости относительно координат и их производных. Это означает, также, тригонометрические функции углов можно заменить первыми членами их разложения в ряды.

Под действием сил сухого трения в площадках контакта опор с основанием и виброзащищаемым телом исключаются вращения опор вокруг осей, проходящих через точки $\dot{A}_{iS}$ и B_{iS}. Это ограничение описывается условием

$$\Omega_{\hat{a}} = (\vec{\omega}_{0'} \vec{n}) = 0\,, \tag{20}$$

$$\left(\vec{\omega}_{O'i} \cdot (\vec{\rho}_{Ai}(s) - \vec{\rho}_{Bi}(s))\right) = 0\,, \tag{21}$$

Функциональная зависимость, связывающая параметры s_{2i} и s_{1i} зависит от материалов, из которых созданы несущее и носимое тела. Предположим, что законы деформирования несущего и носимого тел определяются уравнениями (2). Соотношения, связывающие параметры s_{2i} и s_{1i} для релаксируюшего грунта, определяются формулой (14). После некоторых преобразовании уравнения неголономные связи (18), (19), (20) и (21) примет следующее вид

$$\begin{aligned}
&\dot{z}_c = \dot{z}_0 + \frac{1}{\Delta}\left[\Delta_z^1(x - x_0) - \Delta_z^2(\phi - \phi_0)\right](\dot{x} - \dot{x}_0) + \frac{1}{\Delta}\left[\Delta_z^1(y - y_0) + \Delta_z^3(\phi - \phi_0)\right]\times \\
&\times(\dot{y} - \dot{y}_0) + \frac{1}{\Delta}\left[\Delta_z^4(\phi - \phi_0) - \Delta_z^2(x - x_0) + \Delta_z^3(y - y_0)\right](\dot{\phi} - \dot{\phi}_0); \\
&\dot{\theta}_c = \dot{\theta}_0 - \frac{1}{\Delta}\left[\Delta_\theta^1(x - x_0) - \Delta_\theta^2(\phi - \phi_0)\right](\dot{x} - \dot{x}_0) - \frac{1}{\Delta}\left[\Delta_\theta^1(y - y_0) + \Delta_z^3(\phi - \phi_0)\right]\times \\
&\times(\dot{y} - \dot{y}_0) - \frac{1}{\Delta}\left[\Delta_\theta^4(\phi - \phi_0) - \Delta_\theta^2(x - x_0) + \Delta_\theta^3(y - y_0)\right](\dot{\phi} - \dot{\phi}_0); \\
&\dot{\psi}_c = \dot{\psi}_0 + \frac{1}{\Delta}\left[\Delta_\psi^1(x - x_0) - \Delta_\psi^2(\phi - \phi_0)\right](\dot{x} - \dot{x}_0) + \frac{1}{\Delta}\left[\Delta_\psi^1(y - y_0) + \Delta_\psi^3(\phi - \phi_0)\right]\times \\
&\times(\dot{y} - \dot{y}_0) + \frac{1}{\Delta}\left[\Delta_\psi^4(\phi - \phi_0) - \Delta_\psi^2(x - x_0) + \Delta_\psi^3(y - y_0)\right](\dot{\phi} - \dot{\phi}_0);
\end{aligned} \tag{22}$$

где

$$\Delta_z^1 = \frac{1}{\Delta}\begin{vmatrix} D_1 & b_{01} & -a_{01} \\ D_2 & b_{02} & -a_{02} \\ D_3 & b_{03} & -a_{03} \end{vmatrix}, \Delta_z^2 = \frac{1}{\Delta}\begin{vmatrix} b_{01}D_1 & b_{01} & -a_{01} \\ b_{02}D_2 & b_{02} & -a_{02} \\ b_{03}D_3 & b_{03} & -a_{03} \end{vmatrix}, \Delta_z^3 = \frac{1}{\Delta}\begin{vmatrix} a_{01}D_1 & b_{01} & -a_{01} \\ a_{02}D_2 & b_{02} & -a_{02} \\ a_{03}D_3 & b_{03} & -a_{03} \end{vmatrix}, \Delta_z^4 = \frac{1}{\Delta}\begin{vmatrix} r_{01}^2 D_1 & b_{01} & -a_{01} \\ r_{02}^2 D_2 & b_{02} & -a_{02} \\ r_{03}^2 D_3 & b_{03} & -a_{03} \end{vmatrix},$$

$$\Delta_\theta^1 = \frac{1}{\Delta}\begin{vmatrix} 1 & D_1 & -a_{01} \\ 1 & D_2 & -a_{02} \\ 1 & D_3 & -a_{03} \end{vmatrix}, \Delta_\theta^2 = \frac{1}{\Delta}\begin{vmatrix} 1 & b_{01}D_1 & -a_{01} \\ 1 & b_{02}D_2 & -a_{02} \\ 1 & b_{03}D_3 & -a_{03} \end{vmatrix} \Delta_\theta^3 = \frac{1}{\Delta}\begin{vmatrix} 1 & a_{01}D_1 & -a_{01} \\ 1 & a_{02}D_2 & -a_{02} \\ 1 & a_{03}D_3 & -a_{03} \end{vmatrix}, \Delta_\theta^4 = \frac{1}{\Delta}\begin{vmatrix} 1 & r_{01}^2 D_1 & -a_{01} \\ 1 & r_{02}^2 D_2 & -a_{02} \\ 1 & r_{03}^2 D_3 & -a_{03} \end{vmatrix},$$

$$\Delta_\psi^1=\frac{1}{\Delta}\begin{vmatrix}1 & b_{01} & D_1\\ 1 & b_{02} & D_2\\ 1 & b_{03} & D_3\end{vmatrix},\Delta_\psi^2=\frac{1}{\Delta}\begin{vmatrix}1 & b_{01} & b_{01}D_1\\ 1 & b_{02} & b_{02}D_2\\ 1 & b_{03} & b_{03}D_3\end{vmatrix},\Delta_\psi^3=\frac{1}{\Delta}\begin{vmatrix}1 & b_{01} & a_{01}D_1\\ 1 & b_{02} & a_{02}D_2\\ 1 & b_{03} & a_{03}D_3\end{vmatrix},\Delta_\psi^4=\frac{1}{\Delta}\begin{vmatrix}1 & b_{01} & r_{01}^2D_1\\ 1 & b_{02} & r_{02}^2D_2\\ 1 & b_{03} & r_{03}^2D_3\end{vmatrix},$$

$$r_{01}^2=b_{01}^2+a_{01}^2,\quad r_{02}^2=b_{02}^2+a_{02}^2,\quad r_{03}^2=b_{03}^2+a_{03}^2,$$

где $D_1=\frac{1}{H}\left\{-1+\left[\frac{n-2}{2(n-1)}P_{1n}\Lambda_1^{\frac{n}{n-1}}+\frac{m-2}{2(m-1)}P_{2m}\Lambda_1^{\frac{m}{m-1}}\right]+\left[\frac{2n-3}{2(n-1)}N_{1n}\frac{1}{\Lambda_1^{\frac{n-2}{n-1}}}+\frac{2m-3}{2(m-1)}N_{2m}\frac{1}{\Lambda_1^{\frac{m-2}{m-1}}}\right]-\right.$

$$\left.-\frac{3}{4}\left[\frac{\mu_1^1}{E_{g1}^1}\frac{N_{1n}}{(n-1)H^2}\Lambda_1^{\frac{1}{n-1}}+\frac{\mu_1^2}{E_{g1}^2}\frac{N_{2m}}{(m-1)H^2}\Lambda_1^{\frac{1}{m-1}}\right]\dot{\Lambda}_1+\frac{3}{4}\left[\frac{\mu_1^1}{E_{g1}^1}\frac{1}{n-1}N_{1n}\frac{1}{\Lambda_1^{\frac{2n-3}{n-1}}}+\frac{\mu_1^2}{E_{g1}^2}\frac{1}{m-1}N_{2m}\frac{1}{\Lambda_1^{\frac{2m-3}{m-1}}}\right]\dot{\Lambda}_1\right\};$$

$$D_2=\frac{1}{H}\left\{-1+\left[\frac{n-2}{2(n-1)}P_{1n}\Lambda_2^{\frac{n}{n-1}}+\frac{m-2}{2(m-1)}P_{2m}\Lambda_2^{\frac{m}{m-1}}\right]+\left[\frac{2n-3}{2(n-1)}N_{1n}\frac{1}{\Lambda_2^{\frac{n-2}{n-1}}}+\frac{2m-3}{2(m-1)}N_{2m}\frac{1}{\Lambda_2^{\frac{m-2}{m-1}}}\right]-\right.$$

$$\left.-\frac{3}{4}\left[\frac{\mu_2^1}{E_{g2}^1}\frac{N_{1n}}{(n-1)H^2}\Lambda_2^{\frac{1}{n-1}}+\frac{\mu_2^2}{E_{g2}^2}\frac{N_{2m}}{(m-1)H^2}\Lambda_2^{\frac{1}{m-1}}\right]\dot{\Lambda}_2+\frac{3}{4}\left[\frac{\mu_2^1}{E_{g2}^1}\frac{N_{1n}}{n-1}\frac{1}{\Lambda_2^{\frac{2n-3}{n-1}}}+\frac{\mu_2^2}{E_{g2}^2}\frac{N_{2m}}{m-1}\frac{1}{\Lambda_2^{\frac{2m-3}{m-1}}}\right]\dot{\Lambda}_2\right\};$$

$$D_3=\frac{1}{H}\left\{-1+\left[\frac{n-2}{2(n-1)}P_{1n}\Lambda_3^{\frac{n}{n-1}}+\frac{m-2}{2(m-1)}P_{2m}\Lambda_3^{\frac{m}{m-1}}\right]+\left[\frac{2n-3}{2(n-1)}N_{1n}\frac{1}{\Lambda_3^{\frac{n-2}{n-1}}}+\frac{2m-3}{2(m-1)}N_{2m}\frac{1}{\Lambda_3^{\frac{m-2}{m-1}}}\right]-\right.$$

$$\left.-\frac{3}{4}\left[\frac{\mu_3^1}{E_{g3}^1}\frac{N_{1n}}{(n-1)H^2}\Lambda_3^{\frac{1}{n-1}}+\frac{\mu_3^2}{E_{g3}^2}\frac{N_{2m}}{(m-1)H^2}\Lambda_3^{\frac{1}{m-1}}\right]\dot{\Lambda}_3+\frac{3}{4}\left[\frac{\mu_3^1}{E_{g3}^1}\frac{N_{1n}}{n-1}\frac{1}{\Lambda_3^{\frac{2n-3}{n-1}}}+\frac{\mu_3^2}{E_{g3}^2}\frac{N_{2m}}{m-1}\frac{1}{\Lambda_3^{\frac{2m-3}{m-1}}}\right]\dot{\Lambda}_3\right\};$$

$$P_{1n}=\frac{1}{H(Hn)^{\frac{n}{n-1}}}\left(\frac{1}{\sqrt[n-1]{a_1}}\right),\quad P_{2m}=\frac{1}{H(Hm)^{\frac{m}{m-1}}}\left(\frac{1}{\sqrt[m-1]{a_2}}\right),N_{1n}=\frac{1}{(Hn)^{\frac{1}{n-1}}}\left(\frac{1}{\sqrt[n-1]{a_1}}\right),\quad N_{2m}=\frac{1}{(Hm)^{\frac{1}{m-1}}}\left(\frac{1}{\sqrt[m-1]{a_2}}\right),$$

Соотношения (22) представляют уравнения нелинейных неголономных идеальных связей, налагаемых на виброзащитных систем при качении опоры по релаксирующему грунту.

4. Вывод

Получены кинематические соотношения связывающих параметров, характеризующих деформацию релаксирующего грунта с кинематическими величинами, описывающими движения опоры качения со спрямленными поверхностями.

Выведены уравнения нелинейной неголономной связи, реализуемой опорами качения на релаксирующих грунтах.

1. Бисембаев К. Колебания тела на опорах со спрямленными поверхностями. // Изв. АН КазССР. Сер. Физ.-мат.1988, №3, с. 65-69.
2. Бисембаев К. О колебаниях тела качения с учетом образования конечной площадки опирания вследствие необратимой деформации во времени // Механические колебания и устойчивость. – Киев, 1987. – С.33-40.
3. Бисембаев К. О виброзащите опорами качения с деформируемыми элементами.// Киев, 1987. – 14с.
4. Зеленский Г.А. Исследование механических систем с кинематическими амортизаторами: дис. ... канд. техн. наук: 01.02.01. – Киев, 1977. – 143 с.

5.Ишлинский А.Ю. Прикладные задачи механики. – М.: Наука, 1986. – Кн.1. – 360 с.
6. Неймарк Ю.И., Фуфаев Н.А. Динамика неголономных систем.- М.: Наука, 1968.- 468 с.
7. Горошко О.А. Неголономные системы с деформируемыми телами // Вестн. Киев. Ун-та. Матем. и мех. – 1983. – Вып.5. – С. 51-55.
8. Лурье А.И. Аналитическая механика. – М.: Физматгиз, 1961. – 824с.

Аңдатпа. *Деформацияланатын денесі бар голономды емес жүйелердің практикалық маңызы бар. Деформацияланатын денесі бар голономды емес жүйелер механикасының ерекшелігі мынада, классикалық голономды емес байланыстардан басқа деформацияланатын денелердің жанасу нүктесін анықтайтын голономды және голономды емес байланыстардың жаңа топтарын көрсету қажет болады.Релаксацияланатын жер қабатында, тіректің дөгелеуі кезіндегі жанасу нүктесінің орнын анықтайтын параметрелді байланыстыратын кинематикалық қатыстар алынды.Релаксацияланатын жер қабатында, түзетілетін беттермен шектелген теңселмелі тірек арқылы жүзеге асатын голономды емес байланыстың теңдеуі қорытылып шығарылды.*

Түйін сөздер: *голономды емес байланыстар, дірілденқорғау қондырғысы, теңселмелі тірек, жерсілкінісінен оңашалау, релаксацияланатын жер қабаты.*

Abstract. *How important are nonholonomic systems with deformable bodies. Features of problems of mechanics of nonholonomic systems with deformable bodies lie in the fact that in addition to the classical nonholonomic constraints must specify a new group of nonholonomic and holonomic constraints that determine the position of the contact points of the deformable body. A kinematic relations linking the parameters characterizing the position of the contact points of the deformable ground (carrying and worn bodies) for rolling bearings. The equations of nonholonomic constraints implemented with straightened legs rolling surfaces on the grounds relaxing.*

Keywords: *nonholonomic connections, vibration isolation devices, support rolling, seismic isolation, relaxing ground.*

УДК 531+539.376

К. Бисембаев, Г.А. Исаева*

МЕХАНИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И КИНЕМАТИКА ВИБРОЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ НА ОПОРАХ КАЧЕНИЯ СО СПРЯМЛЕННЫМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ НА РЕЛАКСИРУЮЩИХ ГРУНТАХ

(г.Алматы, Институт Механики и Машиноведения им. У. А. Джолдасбекова,
Казахский национальный педагогический университет имени Абая,*-магистрант)

Аннотация. *Построены механические модели виброзащитных устройств на опорах качения, ограниченных поверхностями вращения высокого порядка, получивших свое практическое воплощение в проблеме обеспечения сейсмостойкости строительных сооружений и виброизоляции массивных тел. Описанный в статье способ сейсмоизоляции сооружений с помощью кинематических фундаментов предполагает существенное уменьшение нагрузок, передаваемых на изолируемый объект, посредством его относительного движения. Получены выражения для кинематических величин, описывающие движения виброзащитных устройств на опорах качения со спрямленными поверхностями.*

Ключевые слова: *Механические модели, виброзащитных устройств, опора качения, сейсмоизоляция, кинематические фундаменты.*

1.Введение. Принцип работы виброзащитных устройств на опорах качения заключается в создании подвижного основания для виброзащищаемого объекта, опирающегося на опоры качения, несущие поверхности которых профилируются в виде поверхности вращения

В последнее время виброзащитные средства широко внедряются и в сейсмоизолирующие устройства. Сейсмозащитных устройств использующих опоры качения называют кинематическим фундаментом [1],[2],[3].

Основными элементами в конструкциях опорных кинематических фундаментов являются:

— жесткие опорные элементы заданной конфигурации;

— опорная фундаментальная плита (либо ленточный фундамент), имеющая специальные выемки, в которых поставлены опоры; в частном случае за счет специальной конструкции опор выемки могут отсутствовать;

— опорная поверхность нижнего перекрытия сооружения, в которой содержатся выемки для фиксации расположения опорных элементов (для специальной конструкции опор выемки могут отсутствовать);

— гашения колебаний достигается постановкой специальных элементов, движение которых вместе с сооружением обуславливает наличие трения скольжения в местах их установки: увеличение податливости опорных элементов и шероховатости контактирующих поверхностей, также приводит к возникновению при движении моментов сил трения качения способствующих затуханию колебаний.

Описанный выше способ сейсмоизоляции сооружений с помощью кинематических фундаментов предполагает существенное уменьшение нагрузок, передаваемых на изолируемый объект, посредством его относительного движения. Ограничение этого движения требует определенных исследований и анализа описанной динамической системы.

Целью настоящей работы является построить механическую модель и определить кинематические величины, описывающие движения виброзащищаемых тел на опорах качения, ограниченных поверхностями вращения высокого порядка по релаксирующим грунтам.

2. Механическая модель виброзащищаемого тела на опорах качения, ограниченных поверхностями высокого порядка

Задача о колебаниях системы виброизоляции эквивалентна задаче теоретической механики о движении тела большой массы, опирающегося при своем движении на подвижные опорные элементы носители, перекатывающиеся по некоторой заданной поверхности. Поэтому динамику объекта, виброизоляция которого обеспечена опорами качения, ограниченными поверхностями высокого порядка, изучим на следующей механической модели.

Пусть некоторое несущее тело (опорная плита фундамента) имеет своей верхней страницей плоскую поверхность и совершает поступательное движение. Будем считать, что по поверхностям несущего тела перекатываются тела – носители (опора качения со спрямленными поверхностями) заданной конфигурации, поддерживая носимое тело (виброзащищаемые тела) большой массы. Поверхности тел – носителей контактируют с поверхностью нижнего плоского основании носимого тела. Тела – носители считаются одинаковыми и перед началом движения одинаково ориентированы в пространстве.

Динамику описанной выше механической системы изучим, сделав следующие предположения:

1 Массой опоры качения можно пренебречь по сравнению с массой носимого тела, т.е. опора качения определяет кинематику системы, но не обладают инерцией.

2 При качении опорных элементов по поверхностям несущего тела и носимого тела проскальзывание отсутствует.

3 Опорные элементы считаются абсолютно твердыми телами.

4 Длина области контакта поверхности соприкосновения опорных элементов и оснований несущего и носимого тел значительно меньше от радиусов кривизны окрестности центральных опорных точек.

5 Поверхность верхнего основания несущего тела и поверхность нижнего основания носимого тела являются линейно – деформированными телами. При этом предполагали, что основания несущего и носимого тел созданы из релаксирующего материала (грунта). Законы, которым подчиняются напряжения и деформации в материалах несущего и носимого тел, выбраны наиболее простыми. Математическая формулировка их аналогична известным законам релаксации данным Томпсоном. Если считать несущего тела и носимого тела абсолютно твердыми телами, то существует возможность отхода от основания носимого тела, например, при вращательных движениях носимого тела, потому что положение твердого тела, можно однозначно определить заданием лишь трех его точек контакта с телами – носителями. Будем считать, что вследствие деформируемости несущего и носимого тел при качении опорных элементов отсутствует отход опорных элементов от основания носимого тела.

6 Под действием сил сухого трения на поверхности контакта опор с основанием и виброзащищаемым телом исключаются вращения опор вокруг осей, проходящих через точки верхней и нижней поверхностей контакта, т.е. отсутствует верчение опоры качения. При этом можно предполагать, что распределение давления при любом нормальном к оси вращении опоры сечении поверхности соприкосновения опоры качения с грунтом симметрично. Таким образом, задача деформации грунта при качении опорных элементов приобретает одномерный характер. Обод опоры в процессе деформации остается – параболоидами.

Описанная выше колебательная система является механической моделью системы сейсмоизоляции сооружений с помощью опоры качения ограниченных поверхностями высокого порядка и может служить в качестве расчетной модели для ряда технических объектов. Колебательные движения этой механической модели возникают вследствие взаимодействия сил инерции твердого тела, силы тяжести, а также силы деформации оснований и внешнего воздействия.

3. Основные кинематические соотношения неголономных связей

Определение движения обобщенной механической модели системы виброизоляции на виброзащитных устройствах предполагает получение и изучение уравнений движения этой модели. С целью облегчения изложения последующего материала приведем ряд соотношений, относящихся к кинематике твердых тел. Введем обобщенные координаты, определяющие положение элементов механической модели системы.

Рассмотрим движение виброзащищаемых тел на опорах качения, ограниченных сверху и снизу параболоидами (рисунок 1) вида

$$z_1 = a_1\left(x_1^2 + y_1^2\right)^{\frac{n}{2}}, \qquad z_2 = a_2\left(x_2^2 + y_2^2\right)^{\frac{m}{2}}, \tag{1}$$

где x_1, y_1, z_1 и x_2, y_2, z_2 системы координат, связанные с опорами качения, начала которых находятся в точках O_1 и O_2, совпадающих соответственно с точками контакта опоры качения с верхним и нижним основаниями в положении равновесия.

Положение твердого тела в пространстве удобно определить с помощью двух систем координат – инерциальной (неподвижной) $Oxyz$ и подвижной $O_1\xi\eta\zeta$, неизменно связанной с движущимся телом. Положение подвижной системы $O_1\xi\eta\zeta$ по отношению к системе координат $Oxyz$ определяется координатами ее полиса и углами между осями этих координат [4], которые характеризуются таблицей направляющих косинусов.

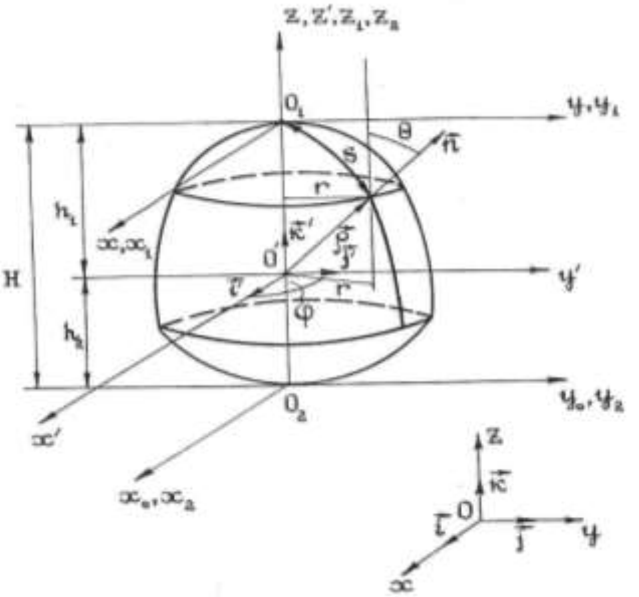


Рисунок 1 – Система координат для описания движения тела вращения

В качестве основной системы координат выберем оси $Oxyz$ неподвижной системы координат.

В соответствии с вышесказанным, положение $i-$ой опоры качения (тело - носителя) определим координатами его центра масс $O'_i\left(x_{O'_i}, y_{O'_i}, z_{O'_i}\right)$ и углами образованными осями подвижной, жестко связанной с опорами качения, системы координат $O'_i x'_i y'_i z'_i$, а также осями системы координат $O'_i \xi_i\eta_i\zeta_i$ – жестко связанной с опорами качения, с неизменным направлением осей. Взаимная ориентация осей подвижной системы координат $O'_i x'_i y'_i z'_i$ определяется корабельными углами $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ $(i=1,2,...,k)$, где $k-$ количество опор качения, через тригонометрические функции которых выражаются все направляющие косинусы.

Способ построения корабельных углов показан на рисунке 2. На рисунке 2 принято, что опорный элемент является осесимметричным телом вращения и ось $O'_i z'_i$ направлена вдоль оси вращения.

Выражения направляющих косинусов через углы $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ приведены в таблице 1.

Таблица 1

	ξ	η	ζ
x'	$\cos\beta\cos\gamma+\sin\beta\sin\gamma\sin\alpha$	$\sin\gamma\cos\alpha$	$-\cos\gamma\sin\beta+\sin\gamma\cos\beta\sin\alpha$
y'	$-\cos\beta\sin\gamma+\sin\beta\cos\gamma\sin\alpha$	$\cos\gamma\cos\alpha$	$\sin\gamma\sin\beta+\cos\gamma\cos\beta\sin\alpha$
z'	$\cos\alpha\sin\beta$	$-\sin\alpha$	$\cos\alpha\cos\beta$

Таблица 2

	ξ	η	ζ
x'	1	γ	$-\beta$
y'	$-\gamma$	1	α
z'	β	$-\alpha$	1

Пусть $\vec{n}$ – единичный вектор нормали к поверхностям основания, проходящей через точки контакта опор качения с верхним и нижним основаниями. θ – угол между вектором $\vec{n}$ и осью $O'z'$. Тогда имеют место соотношения

$$\frac{dr}{dS_g} = \cos\theta, \qquad \frac{dz'}{dS_g} = -\sin\theta, \tag{2}$$

где r – расстояние точки контакта A до оси $O'z'$; S_g, ϕ_g – принятые за гауссовы координаты, отсчитываемые по дуге меридиана от точки пересечения с осью $O'z'$, и азимутальный угол ϕ_g.

Единичный вектор нормали $\vec{n}$ направлен по оси $O'\zeta$ и остается постоянным по направлению при движении системы т.е. $\vec{n} = const$.

Воспользуемся зависимостью между абсолютной и относительной производными от векторной функции

$$\frac{d\vec{n}}{dt} = \frac{d\tilde{\vec{n}}}{dt} + \left[\vec{\omega} \times \vec{n}\right], \tag{3}$$

где $\vec{\omega}$ – угловая скорость подвижной системы координат. Умножая обе стороны на $\vec{n}$ векторном (3), получим

$$\left[\vec{n} \times \frac{d\tilde{\vec{n}}}{dt}\right] + \left[\vec{n} \times \left[\vec{\omega} \times \vec{n}\right]\right] = 0. \tag{4}$$

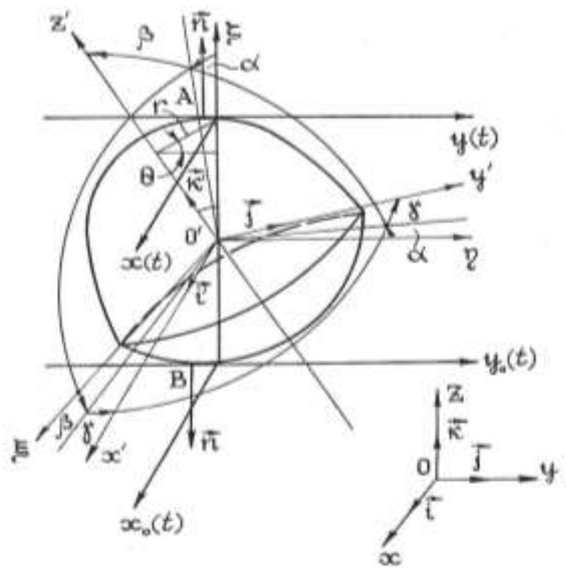


Рисунок 2 – Система координат для описания двумерного движения тела качения

С помощью свойств векторного умножения векторов преобразуем уравнения (4) к виду

$$\left[\vec{n} \times \frac{d\vec{n}}{dt}\right] + \vec{\omega}\left(\vec{n} \cdot \vec{n}\right) - \vec{n}\left(\vec{n} \cdot \vec{\omega}\right) = 0. \tag{5}$$

Введем обозначения

$$\left|\Omega_{\hat{a}}\right| = \Omega_{\hat{a}} = \left(\vec{n}\vec{\omega}\right), \tag{6}$$

где $\Omega_{\hat{a}}$ – угловая скорость верчения опоры качения.

Учитывая обозначения (6) из уравнения (5) определим угловую скорость

$$\vec{\omega}_{o'} = \vec{n}\Omega_{\hat{a}} - \left[\vec{n} \times \frac{d\vec{n}}{dt}\right]. \tag{7}$$

Разложение вектора $\vec{n}$ по ортам осей подвижной системы координат, связанной с опорами качения, имеет вид

$$\vec{n} = \vec{i}\,'\sin\theta\cos\phi_g + \vec{j}\,'\sin\theta\sin\phi_g + \vec{k}\,'\cos\theta, \qquad (8)$$

где $\vec{i}\,', \vec{j}\,', \vec{k}\,'$ – орты подвижной системы координат.

Используя соотношение (8), перепишем выражение (7) в проекциях на оси подвижной системы координат, связанной с опорами качения

$$\begin{aligned}(\omega_{O'})_{x'} &= \left(\Omega_{\hat{a}} + \dot{\phi}_g\cos\theta\right)\sin\theta\cos\phi_g + \dot{\theta}\sin\phi_g;\\ (\omega_{O'})_{y'} &= \left(\Omega_{\hat{a}} + \dot{\phi}_g\cos\theta\right)\sin\theta\sin\phi_g - \dot{\theta}\cos\phi_g;\\ (\omega_{O'})_{z'} &= \Omega_{\hat{a}}\cos\theta - \dot{\phi}\sin^2\theta.\end{aligned} \qquad (9)$$

Уравнение параболоида (1) в переменных r_1 и r_2 записывается в виде

$$z' = \begin{cases} z_1 = h_1 - a_1 r_1^n;\\ z_2 = h_2 - a_2 r_2^m,\end{cases} \qquad (10)$$

где h_1 и h_2 – расстояния от полюса O' до полюсов O_1 и O_2 соответственно. Из геометрических свойств определим угол θ в виде

$$\theta = \frac{dz_1}{dr_1} = a_1 n r_1^{n-1}, \dot{\theta} = a_1 n(n-1) r_1^{n-2}\dot{r}_1, \theta = \frac{dz_2}{dr_2} = a_2 m r_2^{m-1}, \dot{\theta} = a_2 m(m-1) r_2^{m-2}\dot{r}_2.$$

(11)

С помощью выражений (10) и (11) можно определить следующие соотношения

$$r_1 = \left(\frac{\theta}{a_1 n}\right)^{\frac{1}{n-1}}, r_2 = \left(\frac{\theta}{a_2 m}\right)^{\frac{1}{m-1}}, z_1 = h_1 - a_1\left(\frac{\theta}{a_1 n}\right)^{\frac{n}{n-1}}, z_2 = h_2 - a_2\left(\frac{\theta}{a_2 m}\right)^{\frac{m}{m-1}}. \qquad (12)$$

$$z_1 + z_2 = H - \left[a_1\left(\frac{\theta}{a_1 n}\right)^{\frac{n}{n-1}} + a_2\left(\frac{\theta}{a_2 m}\right)^{\frac{m}{m-1}}\right], \qquad (13)$$

где $H = h_1 + h_2$.

Положение виброзащищаемого тела определим координатами его центра тяжести $C(x_c, y_c, z_c)$ и тройкой корабельных углов ϕ_c, ψ_c, θ_c, образованных осями подвижной, жестко связанной с виброзащищаемым телом системы координат $CX'Y'Z'$, с осями основной системы координат $Oxyz$. Способ построения корабельных углов показан на рисунке 1.3.2, а выражения направляющих косинусов через углы ϕ_c, ψ_c, θ_c приведены в таблице 2.

Проекции угловой скорости $\vec{\Omega}_c$ виброзащищаемого тела на оси Ox, Oy, Oz выражены следующим образом:

$$\begin{aligned}\Omega_x &= \dot{\theta}_c\cos\psi_c + \dot{\phi}_c\cos\theta_c\sin\psi_c;\\ \Omega_y &= \dot{\psi}_c - \dot{\phi}_c\sin\theta_c;\\ \Omega_z &= -\dot{\theta}_c\sin\psi_c + \dot{\phi}_c\cos\theta_c\cos\psi_c.\end{aligned} \qquad (14)$$

Проекции угловой скорости $\vec{\Omega}_c$ на оси Cx', Cy', Cz', т.е. относительно подвижных систем координат жестко связанных с виброзащищаемым телом имеют вид:

$$\begin{aligned}\Omega_{X'} &= \dot{\theta}_c\cos\phi_c + \dot{\psi}_c\cos\theta_c\sin\phi_c;\\ \Omega_{Y'} &= -\dot{\theta}_c\sin\phi_c + \dot{\psi}_c\cos\theta_c\cos\phi_c;\\ \Omega_{Z'} &= \dot{\phi}_c - \dot{\psi}_c\sin\theta_c.\end{aligned} \qquad (15)$$

Положение несущего тела определим координатами полюса $\bar{O}(x_0, y_0, z_0)$ и тройкой корабельных углов ϕ_0, ψ_0, θ_0, образованных подвижной, жестко связанной с несущим телом системой координат $\bar{O}x_0', y_0', z_0'$, а также осями основной системы координат $Oxyz$.

Проекции угловой скорости $\vec{\Omega}_0$ несущего тела на оси Ox, Oy, Oz выражены следующим образом

$$\begin{aligned}\Omega_{0x} &= \dot{\theta}_0 \cos\psi_0 + \dot{\phi}_0 \cos\theta_0 \sin\psi_0;\\ \Omega_{0y} &= \dot{\psi}_0 - \dot{\phi}_0 \sin\theta_0;\\ \Omega_{0z} &= -\dot{\theta}_0 \sin\psi_0 + \dot{\phi}_0 \cos\theta_0 \cos\psi_0.\end{aligned} \tag{16}$$

Проекции угловой скорости $\vec{\Omega}_0$ на оси $\bar{O}x_0', \bar{O}y_0', \bar{O}z_0'$, т.е. относительно подвижных систем координат, жестко связанных с несущим телом, имеют вид

$$\begin{aligned}\Omega_{0X_0'} &= \dot{\theta}_0 \cos\phi_0 + \dot{\psi}_0 \cos\theta_0 \sin\phi_0;\\ \Omega_{0Y_0'} &= -\dot{\theta}_0 \sin\phi_0 + \dot{\psi}_0 \cos\theta_0 \cos\phi_0;\\ \Omega_{0Z_0'} &= \dot{\phi}_0 - \dot{\psi}_0 \sin\theta_0.\end{aligned} \tag{17}$$

Выбор корабельных углов для описания угловых движений тел, являющихся элементами исследуемой системы, обусловлен тем их свойством, что при малом отклонении тела от начального положения все три угла остается малыми. Если же пользоваться, например, эйлеровыми углами, то малому отклонению от начального положения будет соответствовать лишь малость угла нутации, а также суммы углов процессии и чистого вращения.

4.Вывод

Разработана механическая модель твердого тела, поддерживаемой кинематическими опорами, ограниченными поверхностями вращения высокого порядка, перекатывающимися по подвижной несущей поверхности с целью исследования динамики сооружений с сейсмоизоляцией типа (опорный) кинематический амортизатор. Получены кинематические величины, описывающие движения опоры качения со спрямленными поверхностями, которые являются основными элементами виброзащитных устройств

1. Бисембаев К. Колебания тела на опорах со спрямленными поверхностями. // Изв. АН КазССР. Сер. Физ.-мат.1988, №3, с. 65-69.
2.Бисембаев К. О колебаниях тела качения с учетом образования конечной площадки опирания вследствие необратимой деформации во времени // Механические колебания и устойчивость. – Киев, 1987. – С.33-40.
3.Бисембаев К. О виброзащите опорами качения с деформируемыми элементами.// Киев, 1987. – 14с.
4.Зеленский Г.А. Исследование механических систем с кинематическими амортизаторами: дис. ... канд. техн. наук: 01.02.01. – Киев, 1977. – 143 с.
5. Лурье А.И. Аналитическая механика. – М.: Физматгиз, 1961. – 824с.

Аңдатпа. *Құрылыс ғимараттарын жер сілкінісінен қорғау проблемасына практикалық қолданыс тапқан жоғары дәрежелі айналу беттерімен шектелген теңселмелі тірекке орнатылған дірілден қорғау қондырғысының және ауыр денені дірілден оңашалаудың механикалық моделі тұрғызылды.Жоғарыда сипатталған ғимараттарды кинематикалық фундаменттің көмегімен жер сілкінісінен оңашалау оның салыстырмалы қозғалысы арқылы объектіге берілетін кернеуді айтарлықтай азайтадыдеп ұйғарады.Түзетілетін беттермен шектелген теңселмелі тірекке орнатылған дірілден қорғау қондырғысының қозғалысын сипаттайтын кинематикалық шамалар үшін өрнектер алынды.*

Түйін сөздер: *механикалық модельдер, дірілденқорғау қондырғысы, теңселмелі тірек, жерсілкінісінен оңашалау, кинематикалық фундамент.*

Abstract. *Built mechanical model of vibration isolation devices on the legs of a rolling surfaces of revolution bounded higher order received its practical implementation in the problem of seismic resistance of building structures and vibration of massive bodies. The method described above seismic isolation structures via kinematic bases implies a substantial reduction of loads transmitted to an insulated object by its relative movement. The expressions for describing the magnitude of the kinematic motion of vibration isolation devices on rolling bearings with straightened surfaces.*
Keywords: *Mechanical model, vibration isolation devices, support rolling, seismic isolation, kinematic foundations.*

УДК. 539. 1. 074
С.И. Диденко[1], С.В. Черных[1], Ф.М. Барышников[1], К.М. Мукашев[3], Н. Буртебаев[2], Т.К. Жолдыбаев[2], Е. Мухамеджанов[2,4], М. Насрулла[2,5]

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ДЕТЕКТОРА НА ОСНОВЕ АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ

([1]Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (Москва, Россия),
[2]Институт ядерной физики (Алматы, Казахстан),
[3]Казахский национальный педагогический университет имени Абая (Алматы, Казахстан),
[4]Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН (Москва, Россия),
[5])Казахский национальный университет имени аль-Фараби)

Аннотация. *На сегодняшний день измерение нейтронных потоков с помощью полупроводниковых приборов является наиболее перспективным направлением в ядерной физике. Одним из таких материалов является арсенид галлия GaAs. Он имеет более высокие радиационо и термически стойкие характеристики перед другими. Поэтому применение его в качестве детектора нейтронов является оправданным. Для этой цели был использован арсенид галлия, выполненный по технологии газофазной эпитаксии (VPE GaAs). Эта технология значительно снижает фон, возникающий от фотонного излучения. Описывается структура и важнейшие электрические характеристики разработанного детектора из тонких пластин кристалла высокой очистки. Энергетическое разрешение составило 48,2 кэВ.*
Ключевые слова: *нейтрон альфа-частиц, арсенид галлия, детектор, сенсор*

На сегодняшний день детекторы нейтронов на основе полупроводниковых материалов широко используются в таких областях науки, как физика космоса и элементарных частиц, ядерная энергетика, материаловедение, радиационная безопасность, медицина и др. Принцип работы таких детекторов, основан на регистрации полупроводниковым сенсором вторичных частиц, образующихся в результате (n,α)-, (n,γ)- или (n,p)-реакций. В зависимости от энергии нейтронов используют различные эффекты взаимодействия. Для регистрации тепловых нейтронов (E_n<0.5 эВ) используют обычно (n,α)-реакции, такие как $^{10}B(n,\alpha)^7Li$ и $^6Li(n,\alpha)^3H$, или (n,γ)-реакции типа $^{157}Gd(n,\gamma)^{158}Gd$. При регистрации быстрых нейтронов это (n,p)-реакции упругого рассеяния быстрых нейтронов (E_n>500 кэВ) в водород-содержащем материале.

Нейтронные детекторы с конвертерными слоями на основе радиационно-стойких полупроводниковых материалов, таких как SiC в последнее десятилетие стали привлекательными устройствами для мониторинга потоков нейтронов ядерных реакторов, характеризации отработанного топлива и приложений безопасности благодаря своей механической прочности, температурной стабильности и радиационной стойкости [1–3]. В большинстве своем это детекторы с нейтронно-чувствительными конвертерами на основе диодов с барьером Шоттки на основе системы Ni/Au к эпитаксиальным слоям SiC, выращенным методом газофазной эпитаксии на сильнолегированных 4H-SiC n^{++}-подложках омический контакт к которым выполняется с помощью системы Ti/Pd/Au. Однако недостаточное развитие технологии создания приборных структур на карбиде кремния пока не позволяет говорить о возможности широкого использования таких приборов. Основными трудностями данной технологии являются: высокая дефектность материала (плотность дислокаций до 10^8 см$^{-2}$, для сравнения в Si и GaAs эта величина на порядки ниже 10^3–10^4 см$^{-2}$); значительное количество объемных дефектов (кластеры, микропайпы и др.); несовершенство границ гомо- и гетеропереходов; недостаточно отработанная технология контактов Шоттки и омических контактов; невозможность использования жидкостного травления, сложности шлифовки, полировки и резки, что обусловлено физико-химическими характеристиками материала (высокая твердость, прочность, химическая стойкость и т.д.).

На сегодняшний день активные работы по созданию детекторов на GaAs возобновились, это стало возможным благодаря значительному улучшению качества объемного полуизолирующего материала. Значительные результаты в данной области исследований получены колаборацией с головным институтом – Institute of Nuclear and Physical Engineering (Slovakia). Разработанные ими детекторы на объемном VGF (Vertical Gradient Freeze) или LEC (Liquid Encapsulated Czochralski) GaAs производства CMK Ltd. (Slovakia) оказались эффективными устройствами для обнаружения быстрых или тепловых нейтронов [4–6]. Высокая радиационная стойкость SI GaAs предопределяет этот материал в качестве перспективного кандидата для изготовления детекторов нейтронов. Недостатком таких детекторов является высокая чувствительность к γ-излучению, в связи с этим требуется использование защиты от γ-фона [5,6] или необходимо использование таких детекторов в режиме неполного обеднения [7]. В настоящей работе приведены результаты исследования детекторов на основе тонких высокочистых GaAs слоев, получаемых газофазной эпитаксией (VPE GaAs), что позволит увеличить соотношение сигнал/γ-фон, значительно снизить рабочее смещение детектора (или использовать вовсе без смещения) и иметь более высокую температурную стабильность в сравнении с объемным SI GaAs [8]. Это может быть определяющим фактором, например, при разработке детекторов для персональной дозиметрии нейтронного излучения или для высокотемпературных применений.

Для изготовления поверхностно-барьерного сенсора использовались эпитаксиальные слои арсенида галлия толщиной 42 мкм с концентрацией носителей заряда на уровне $3 \cdot 10^{11}$ см$^{-3}$. Плёнки выращивались на двухдюймовых n^{++}-GaAs подложках с ориентацией <100>, легированных кремнием до концентрации $2 \cdot 10^{18}$ см$^{-3}$. Для этого использовалась известная хлоридная система Ga-$AsCl_3$-H_2, реализованная на установке с вертикальным реактором – ETR-100. Некоторые параметры ростового процесса и эпитаксиальных слоев представлены в таблице 1.

Таблица 1. Некоторые параметры ростового процесса и эпитаксиальных слоев

тип проводимости	n
скорость роста, мкм/час	9–10
максимальная толщина i-слоя, мкм	до 120
концентрация свободных носителей, $см^{-3}$	$\sim 10^{11}$
$\mu_e \cdot \tau_e$, cm^2/V, где μ – дрейфовая подвижность носителей заряда, τ – время жизни неравновесных носителей	$2 \cdot 10^{-4}$
$\mu_h \cdot \tau_h$,cm^2/V,гдеμ – дрейфовая подвижность носителей заряда, τ – время жизни неравновесных носителей	$2 \cdot 10^{-5}$
концентрация EL2-центров, $см^{-3}$	$\sim 10^{13}$

Принципиальная конструкция поверхностно-барьерного GaAs сенсора представлена на рисунке 1. Изготовление экспериментальных образцов GaAs сенсоров

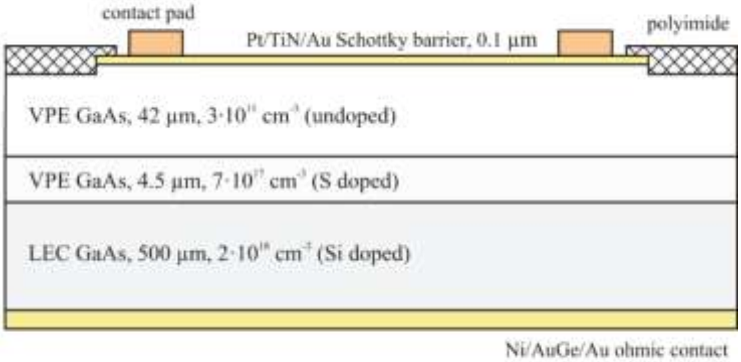


Рисунок 1. Принципиальная конструкция поверхностно-барьерного GaAs детектора

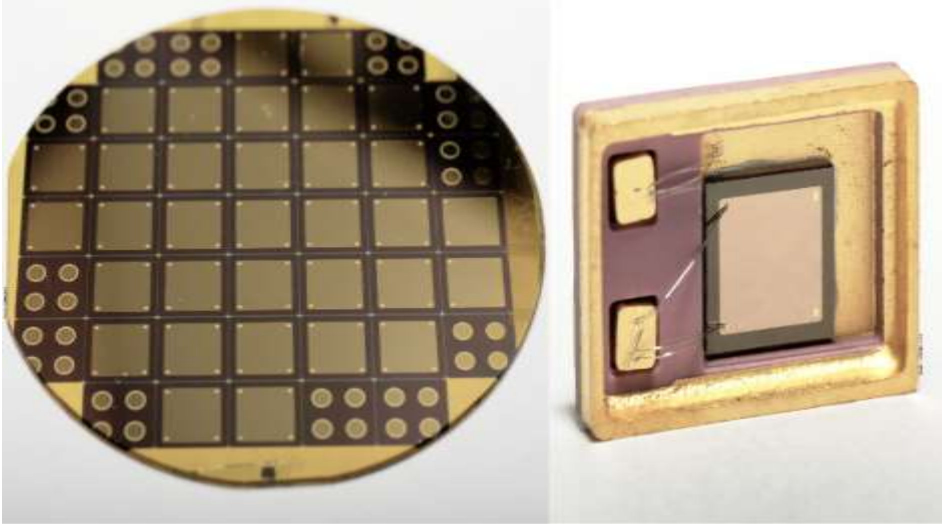
проводилось с помощью контактной фотолитографии с использованием трех фотошаблонов. Первый фотошаблон предназначен для открывания окон для осаждения гальванического золота с целью формирования контактных площадок; второй фотошаблон необходим для ограничения размеров активной области сенсора; открывание «окон» в пассивирующем покрытии производилось с помощью третьего фотошаблона.

На следующем этапе пластина разделялась на отдельные чипы с помощью резки алмазным диском, чипы имели размер 6×6 $мм^2$. Чипы приклеивались обратной стороной на токопроводящий клей ТОК-2 в металлокерамические корпуса КТ-94-2 производства ОАО «Завод «МАРС» (г. Торжок, Россия). Контакт к активной области выполнялся алюминиевой проволокой посредством термокомпрессионной сварки. Двухдюймовая пластина с готовыми чипами поверхностно-барьерных GaAs сенсоров и внешний вид сенсора в корпусе представлена на рисунке 2.

Для проведения спектрометрических измерений были отобраны 4 опытных образца поверхностно-барьерных детекторов на основе арсенида галлия, которым были присвоены номера 6.5, 6.7, 6.9, 6.12. Их электрические характеристики приведены в таблице 2 и на рисунке 3. Измерения проводились при комнатной температуре. Детекторы располагались в специальной вакуумной камере при остаточном давлении 10^2 мм. рт. столба. Облучение проводилось коллимированным пучком α-частиц от источника ^{226}Ra. Для этой цели использовалась стандартная для альфа-спектрометрии схема. Детектор через малошумящий зарядовочувствительный предусилитель и усилитель-формирователь подключался к 512-канальному анализатору на базе ΔE-E по методике, разработанной в Институте ядерной физики МЭ РК.

Таблица 2. Электрические параметры образцов

№ детектора	Толщина i-слоя, мкм	С, пкФ (постоянна при обратном смещении)	Ток утечки (нА) при		
			-40 В	-60В	-80В
6.5	38.3	75.1	2.1	2.9	3.8
6.7	40.3	71.4	1.6	2.1	2.6
6.9	39.7	72.5	3.1	4.3	5.8
6.12	41.0	70.1	2.00	2.6	3.2



a) b)

Рисунок 2. Фотография поверхностно-барьерного GaAs детектора: a) двухдюймовая GaAs подложка со сформированными структурами и b) детектор в корпусе (размер чипа 6×6 мм^2, размер активной области 5×5 мм^2).

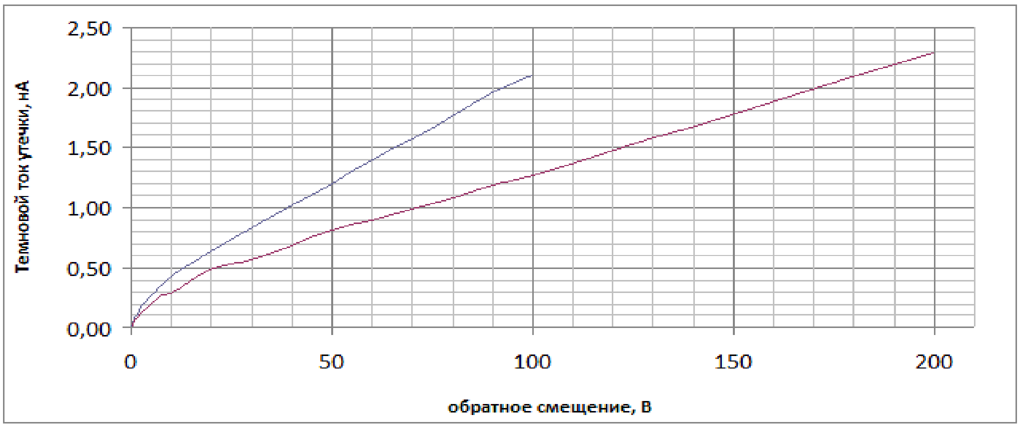


Рисунок 3. Электрические характеристики детектора

В дальнейшем была исследована эффективность сбора заряда в зависимости от поданного на детекторы напряжения смещения для определения рабочей величины. Для всех исследуемых детекторов данная зависимость, была идентичной (рисунке 4). Источник ^{226}Ra испускает α-частицы с энергиями 7.687, 6.002, 5.49 и 4.78 МэВ.

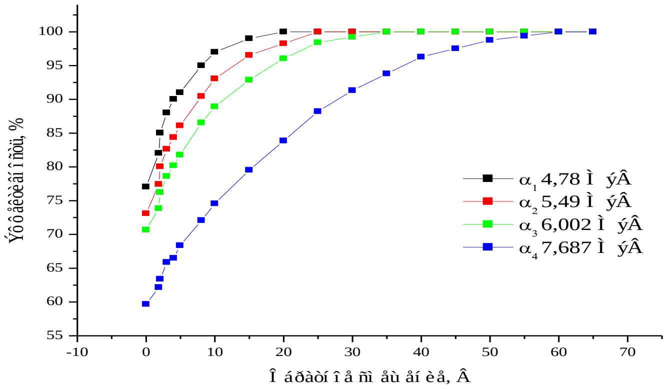


Рисунок 4 – Эффективность сбора заряда на α-частицах от источника ^{226}Ra, оцененная по центрам тяжестей распределений при различных смещениях на детекторе

Эффективность сбора заряда от самых длиннопробежных частиц выходит на максимум при напряжении 60 В, что обуславливает выбор величины рабочего смещения не менее 65 В. Для оценки шумов спектрометрического тракта и их вклада в энергетическое разрешение детектора одновременно проводилось измерение сигнала, подаваемого от генератора импульсов точной амплитуды. Полученные данные об энергетическом разрешении сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Энергетическое разрешение детектора

Энергия α-частиц, МэВ	FWHM, каналы	FWHM, КэВ
4.78	1.81	47.7
5.49	1.84	47.7
6.002	1.89	48.7
7.687	1.92	48.7
генератор	1.14	28.2

Выводы. Разработана технология и изготовлены образцы поверхностно-барьерных детекторов на основе высокочистых эпитаксиальных слоев VPE GaAs для использования в качестве сенсора протонов отдачи при регистрации быстрых нейтронов. Для формирования выпрямляющего контакта была использована металлизация на основе системы Pt/TiN/Au (200Å/600Å/500Å). Качество эпитаксиальных слоев и используемая технология формирования выпрямляющего контакта позволила получить достаточно низкие для GaAs темновые токи: при обратных смещениях 50 и 100 В утечка составила 0,8 и 1,5 нА, соответственно.

Исследованы рабочие характеристики изготовленных детекторов на источнике альфа-частиц ^{226}Ra. Проведенные измерения показали достаточно высокое для GaAs детекторов такой площади энергетическое разрешение и высокую эффективность сбора заряда, что говорит о высоком качестве изготовленных поверхностно-барьерных структур. Изготовленные детекторы имеют низкое рабочее смещение, и в режиме счета частиц могут быть использованы без такового при сохранении достаточно высокой эффективности сбора заряда (не менее 60 %).

1. R.W. Flammang et al., Fast neutron detection with silicon carbide semiconductor radiation detectors // Nucl. Instr. and Meth. A579 (2007) 177.

2. Jang Ho Ha et al., A self-biased neutron detector based on an SiC semiconductor for a harsh environment // Applied Radiation and Isotopes. 67 (2009) 1204.
3. K. Sedlačková et al. MCNPX Monte Carlo simulations of particle transport in SiC semiconductor detectors of fast neutrons. 2014 JINST 9 C05016.
4. A. Sagatova-Perdochova et al. GaAs detectors with LiF layer for detection of thermal neutrons // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. – 2008. – Vol. A 591. – P. 98.
5. A. Šagátová-Perd'ochová et al., Detectors of fast neutrons based on semi-insulating GaAs with neutron converter layers // Nucl. Instr. And Meth. A576 (2007) 56.
6. A. Šagátová et al., Semi-insulating GaAs detectors optimized for fast neutron detection, 2013 JINST 8 C03016.
7. D.S. McGregor et al., Thin-film-coated bulk GaAs detectors for thermal and fast neutron measurements // Nucl. Instr. and Meth. A466 (2001) 126.
8. V.A. Bespalov et al., Electrophysical properties of GaAs layers and the characteristics of fast particle GaAs detectors // Technical Physics. 49 (3) (2004) 310.
9. G.I. Koltsov, S.I. Didenko, A.V. Chernykh, S.V. Chernykh, A.P. Chubenko, and Yu.N. Sveshnikov. Schottky Contacts to High-Resistivity Epitaxial GaAs Layers for Detectors of Particles and X- or γ-Ray Photons // Semiconductors.– 2012.– Vol. 46, №8. – P. 1066.
10. .S.I. Didenko, G.I. Koltsov, A.V. Chernykh, S.V. Chernykh, A.P. Chubenko, N. Burtebayev, J.T. Burtebayeva, S.K. Sakhiev, A.K. Morzobayev, J.M. Mussaev. Schottky Barriers at Undoped Epitaxial GaAs Films Used For Nuclear Radiation Detectors // International Conference Nuclear Science and its Application 2012. Book of Abstracts.– 2012.– P. 171.

Аңдатпа. *Бүгінгі таңда жартылай өткізгіш детекторлармен нейтрондық ағындарды өлшеу әдістері ядролық физикадағы болашағы жоғары салаға жатады. Галлий арсенидтің кремниймен салыстырғанда радиациялық және температуралық беріктігі әлде-қайда жоғары. Сондықтан оны детектор материалы ретінде қолданудың артықшылығы бар. Жұмыста γ-фотондарымен сәулелендіру әсерін бірталай төмендететін газофаздық эпитаксия (VPE GaAs) арқылы орындалған галий арениді қолданылды. Аса таза жұқа қабаттардан тұратын детекторларды жасау әдістері және оларды зерттеу нәтижелері қарастырылады. Детекторлардың энергетикалық шешуші қабілеті 48,2 КэВ.*
Түйін сөздер*;   нейтрон, альфа-бөлшек, галлий арсениді, детектор, сенсор.*

Abstract. *Nowadays the method of measuring neutron fluxes using semiconductor detectors is a promising direction of nuclear physics development. Using GaAs as the material has advantages in comparison with silicon due to its high radiation and temperature resistance. This paper presents the results of a study of detectors based on high-purity thin layers of gallium arsenide obtained by vapor-phase epitaxy (VPE GaAs), which can significantly reduce the background from γ-radiation. Manufacturing technique is given as well. The main electrical and spectrometric characteristics were determined. The energy resolution obtained is 48.2 keV.*
Keywords: *neutron, alpha-particle, gallium arsenide, detector, registration, Sensor.*

УДК 539.172.15.

[1] А. Дуйсебаев, [1] Б.А. Дуйсебаев, [1] Т.К. Жолдыбаев, [2]К.М. Мукашев

ФОРМИРОВАНИЕ ИНКЛЮЗИВНЫХ СПЕКТРОВ ПРОТОНОВ ИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИОНОВ ^{3}Не С ЭНЕРГИЕЙ 50,5 МэВ С ЯДРОМ ^{27}Al

([1])Институт ядерной физики,
([2])Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы)

Аннотация *Экспериментальные исследования были выполнены на изохронном циклотроне Института ядерной физики. В результате взаимодействия протонов с ядрами ^{27}Al возникают инклюзивный спектр протонов с энергией 50,5 МэВ. Измерение спектро проводилось в интервале углов 15-135^o с шагом 15^o. Экспериментальные спектры были получены на основе экситонной модели. Полученное условие равенства описывает эмиссию частиц с определенным массовым числом от 1 до 4-х.*

Ключевые слова: *протоны, компаундное ядро, экситонная модель, интегральный спектр, циклотрон, ускоритель.*

Исследования по разработке принципиально нового поколения ядерно-энергетической системы с высоким уровнем безопасности (Accelerator Driven System (ADS)), состоящей из ускорителя протонов (дейтонов) с энергией 0,8–1,5 ГэВ и током 30–100 мА, нейтронопроизводящей мишени мощностью 30–100 МВт и подкритического реактора (бланкета) с потоком тепловых нейтронов (1–5)10^{15} см$^{-2}$ с$^{-1}$ [1, 2] развернуты в США – программа «ABC\ATW», Японии – «ОМЕГА», Франции – «SPIN», «SATURNE», в России «Energy and Transmutation», SNEPT – Европейская стратегическая технологическая платформа устойчивого развития атомной энергетики с программой «MYRRHA» –Бельгия, являющейся составной частью Европейского комплекса перспективных исследовательских реакторов ADS [3, 4].

Согласно физическому сценарию работы ADS, высокоэнергичные протоны при прохождении мишенной сборки порождают не только нейтронный поток, но и спектр более сложных нуклидов ^{2,3} H, ^{3,4} He и т.д., которые выступают в качестве агентов инициирующих реакции с испусканием вторичных нейтронов. Диапазон нуклонного состава и энергий возбуждения в системе ADS существенно шире чем в традиционных реакторах, что требует качественно нового ядерного константного обеспечения, которые могут быть получены из экспериментальных данных реакций инициированных нуклидами и легчайшими ядрами с конструкционными элементами бридера. Физически и экономически невозможно измерить в столь широком диапазоне энергий и масс все необходимые сечения ядерных реакций с точностью не более 15% для элементов ADS. В этой ситуации крайне важны получение экспериментальных «реперных» сечений реакций и разработка и развитие ядерных моделей механизма реакций, повышение их предсказательной силы. В этом аспекте, особое значение имеет развитие концепции предравновесного распада ядер, отражающей динамику образования и эволюции возбужденной системы к равновесному состоянию [5–8]. Интерес представляет исследование инклюзивных распределений легких заряженных частиц и ядер, инициированных ионами ^{3}He, ^{4}He, где к настоящему времени экспериментальная информация крайне ограничена [9–12].

Измерения сечений ядерных реакций (^{3}He,xp) в угловом диапазоне 15-135^o выполнены на изохронном циклотроне У–150М ИЯФ [13, 14]. Энергия налетающих ионов ^{3}He составила 50,5 МэВ. В качестве исследуемого ядра выбран ^{27}Al (моноизотопная мишень толщиной 3,65 мг/см^2), как кандидат на конструкционный элемент ядерно-энергетических установок.

Идентификация продуктов исследуемых реакций по массам и энергии на основе (ΔE – E) метода осуществлялась системой многомерного программируемого анализа с использованием спектрометрических линеек на основе электроники фирм ORTEC и POLON, блок–схема которой представлена на рисунке 1. При этом реализована новая интегрированная схема, включающая в себя амплитудно–цифровой преобразователь, счетчики импульсов и крейт–контроллер с последующим выходом на ПК. Сигналы от ΔE– и E–детекторов поступают по двум спектрометрическим трактам («*E*», «*dE*») на двумерный анализатор, выполненный на микроконтроллерах и представляющий собой выносной блок, подключаемый к USB–порту персонального компьютера. Системная программа задает режимы работы анализатора и передачу данных в компьютер, в программу для графической визуализации данных и сохранения их в его файлах.

Полученные в результате обработки экспериментальных данных дважды–дифференциальные сечения реакции (^{3}He,xp) на ядре ^{27}Al при энергии налетающих ионов ^{3}He = 50,5 МэВ представлены на рисунке 1. В спектрах, измеренных под передними углами проявляется широкий бамп в сечениях, связанный с развалом ^{3}He в поле ядра мишени. Из качественного рассмотрения полученных инклюзивных спектров следует, что сечения высокоэнергетических частиц с ростом угла падают при сохранении корреляции с направлением первичной частицы во входном канале.

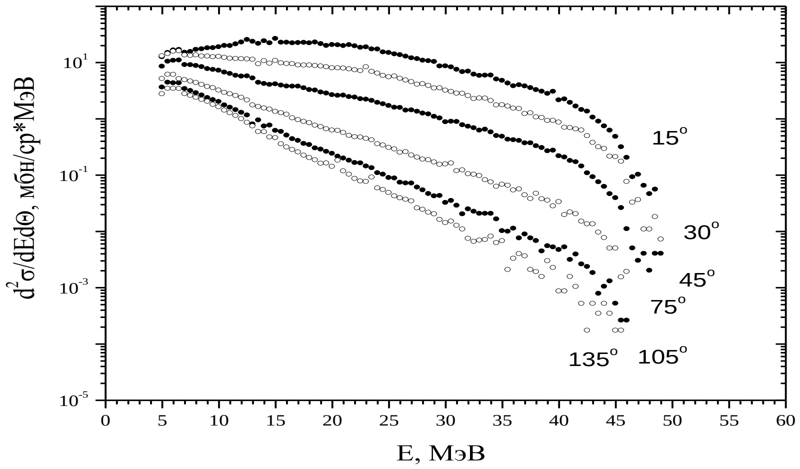
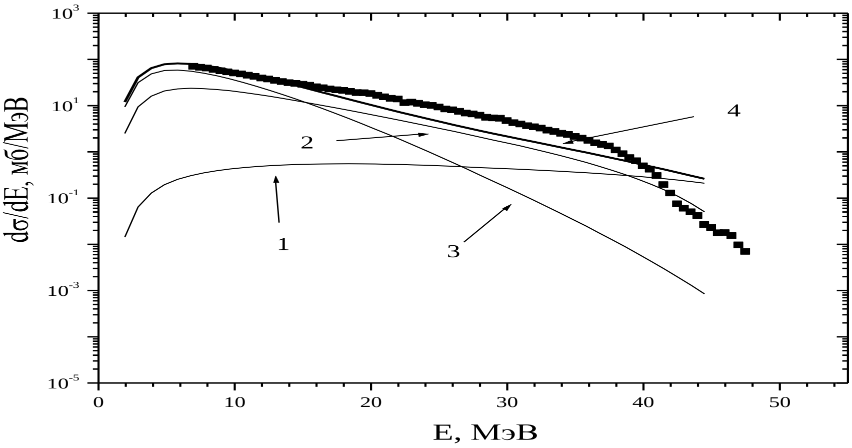


Рисунок 1. Дважды дифференциальные сечения реакции ^{27}Al(^{3}He,xp) при E(^{3}He) = 50,5 МэВ и различных углах регистрации протонов

Экспериментальные данные по дважды–дифференциальным сечениям реакции (^{3}He,xp) на ядре ^{27}Al при энергии налетающих ионов ^{3}He 50,5 МэВ проинтегрированы в измеренном угловом диапазоне. Полученные интегральные сечения, усредненные в диапазоне энергий 0,5 МэВ, представлены на рисунке 2. Величина экспериментального парциального сечения составила 769,8 мб.

Теоретический анализ экспериментальных результатов был выполнен в рамках модифицированной версии экситонной модели предравновесного распада ядер [15 – 18]. В рамках этой модели принимается, что ядро имеет набор эквидистантных одночастичных состояний. Взаимодействие, в результате которого ядро переходит из одного состояния в другое, считается двухчастичным и достаточно слабым, что позволяет применить теорию возмущений при вычислении вероятностей переходов. Энергия системы сохраняется. В двухкомпонентной модели протонные и нейтронные степени свободы учитываются раздельно.



Символы – эксперимент, 1 – одноступенчатые процессы, 2 – предравновесная компонента, 3 – равновесная эмиссия, 4 – суммарное интегральное сечение.
Рисунок 2. Сравнение экспериментальных интегральных сечений реакций ^{27}Al (^{3}He,xd) с расчетами в рамках экситонной модели

Состояние ядра характеризуется четырьмя параметрами p_π, h_π, p_ν и h_ν, где p и h обозначают частичные и дырочные, а π и ν протонные и нейтронные степени свободы, соответственно. Компаунд ядро формируется с частично–дырочной конфигурацией, которая учитывает налетающие нуклоны как частичные степени свободы и не учитывает дырочные степени свободы. Такая конфигурация обозначается как $(p_\pi, h_\pi, p_\nu, h_\nu)=(Z_a, 0, N_a, 0)$, где a относится к бомбардирующей частице.

Предполагается, что разность между числом частиц и дырок в процессе перехода в равновесное состояние остается постоянной и для компаунд ядра $p_\pi - h_\pi = Z_a$, $p_\nu - h_\nu = N_a$ и $p - h = A_a$, где A_a – массовое число налетающей частицы. Это условие не всегда выполняется, особенно при приближении к состоянию равновесия, но вполне адекватно для вычисления предравновесной компоненты спектра.

В двухкомпонентной экситонной модели используется два набора одночастичных состояний, отдельно для протонов и нейтронов и определяются плотностью одночастичных состояний соответственно $g_{\pi 0}$ и $g_{\nu 0}$, пропорциональных Z и N рассматриваемого ядра:

$$g_{\pi 0} = \frac{Z}{K_g}, \tag{1}$$

$$g_{\nu 0} = \frac{N}{K_g}. \tag{2}$$

Плотность частично–дырочных возбужденных состояний ядра бралась согласно Вильямсу [19]:

$$\omega_{ESM}(p, p_\pi, E) = \frac{(g_{\pi 0})^{n_\pi} (g_{\nu 0})^{n_\nu} (E - A(p, p_\pi, E))^{n-1}}{p_\pi ! h_\pi ! p_\nu ! h_\nu (n-1)!}, \tag{3}$$

где $A(p,p_\pi,E)$ поправка, определяемая принципом Паули.

Во всех расчетах в качестве исходной бралась $(p_\pi, h_\pi, p_\nu, h_\nu) = (2,0,1,0)$ частично–дырочная конфигурация. Нормировочный коэффициент K_g принимался равным 15 МэВ. При параметризации квадрата матричных элементов использовались значения нормировочных констант: $K_{\pi\pi}$: $K_{\pi\nu}$: $K_{\nu\nu}$=2200:900:900 МэВ^2, рекомендованные в PRECO–2006 [20], использованной нами в качестве основной расчетной программы.

Для полного описания эмиссии частиц в ядерных реакциях, в дополнение к вычислениям в рамках экситонной модели, были проведены расчеты в рамках механизма Вайскопфа распада из составного ядра и учтен вклад прямых процессов (передача – выбивание нуклонов).

На рисунке 2 совместно с экспериментальными результатами представлены рассчитанные вклады механизмов, формирующих инклюзивные сечения реакций (^{3}He,xp) на ядре ^{27}Al при энергии ^{3}He ионов 50,5 МэВ. В таблице приведены численные значения вкладов различных механизмов ядерных реакций в формирование интегральных спектров. Из сравнения экспериментальных и теоретически рассчитанных интегральных спектров следует, что предравновесный механизм является определяющим в формировании сечений (^{3}He,xp) в середине энергетического диапазона. Высокоэнергетическая (с E>38 МэВ) часть спектра определяется одноступенчатыми прямыми механизмами. В низкоэнергетической части спектра, в дополнение к предравновесному значительный вклад вносят распады из составного ядра.

Таблица. Вклады механизмов ядерных реакций в формирование интегральных спектров (^{3}He,xp) на ядре ^{27}Al при E_{3He} = 50,5 МэВ

Реакция	Энергетический диапазон, МэВ	Механизмы ядерных реакций			
		прямой, мбн	предравно весный, мбн	равновесный, мбн	сумма, мбн
(^{3}He,xp)	2 – 43	17,6 (1.9%)	334,4 (36,8%)	557 (61,3%)	909 (100%)

Полученные экспериментальные результаты восполняют отсутствующие величины сечений исследованных реакций и могут быть использованы при разработке новых подходов теории ядерных реакций, а также при конструировании гибридных ядерно–энергетических установок, ядерной медицине, в радиационном материаловедении, космической технике.

Работа выполнена при поддержке программы Грантового финансирования научных исследований МОН РК, грант 0335/ГФ4.

1 Carminati F. An energy amplifier for cleaner and inexhaustible nuclear energy production driven by a particle beam accelerator / F. Carminati, C. Geles, R. Klapisch, J.P. Revol, Ch. Roche, J.A. Rubio, C. Rubbia. – CERN report CERN/AT/93-47(ET).
2 Bowman C. D. Nuclear energy generation and waste transmutation using an accelerator-driven intense thermal neutron source / C. D. Bowman, E.D. Arthur, P.W. Lisowski, G.P. Lawrence, R.J. Jensen et al. // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. – 1992. – A.320 – P.336-367.
3 Leray S. Spallation neutron production by 0.8, 1.2, and 1.6 GeV protons on various targets / S.Leray, F. Borne, S. Crespin, J. Fréhaut, X. Ledoux, E. Martinez, Y. Patin, E. Petibon, P. Pras et al. // Phys. Rev. – 2002. – C65 – P.044621.
4 Abderrahim H. A. MYRRHA: A multipurpose accelerator driven system for research & development / H. A .ıt Abderrahim, P Kupschus, E Malambu, Ph Benoit, K Van Tichelen, B Arien, F Vermeersch, P D’hondt, Y Jongen, S Ternier, D Vandeplassche // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. – 2001. – A.463 – P.487-494.
5 Зайдель, К. Предравновесный распад в ядерных реакциях / К. Зайдель, Д. Зелигер, Райф // ЭЧАЯ. – 1976. – Т.7, вып.2. – С.499-552.

6 Blann, M. Pre-equilibrium decay / M. Blann // Ann. Rev. Nucl. Sci. – 1975. – Vol.25. – P.123-166.
7 Gadioli E. Pre-equilibrium Nuclear Reactions / E. Gadioli, P.E. Hodgson – New York : Oxford Univ. Press, 1992. – 328 p.
8 Герасимов, А.С. Научно-технические проблемы создания электроядерных установок для трансмутации долгоживущих радиоактивных отходов и одновременного производства энергии (российский опыт) / А.С. Герасимов, Г.В, Киселев // ЭЧАЯ. – 2001. – Вып.1 (32). – С.143-188.
9 Bisplinghoff, J. Continuous particle spectra and angular distributions from different entrance channels forming ^{65}Zn at 37,4 MeV excitation / J. Bisplinghoff, J. Ernst, R. Lohr, T. Mayer–Kickuk, P. Meyer // Nucl. Phys. – 1976. – Vol. A269. – P.147-158.
10 Chevarier, A. Pre-equilibrium alpha emission induced by different incident channels: evidence for alpha preformation in nuclei / A. Chevarier, N. Chevarier, A. Demeyer, G. Hollinger, P. Petrosa and Tran Minh Duc // Phys. Rev. – 1975. – Vol. C11, №3. – P.886-894.
11 Chevarier, A. Nistor M.E. Neutron, proton and α–particle emission from ^{3}He induced reactions / A. Chevarier, N. Chevarier, A. Demeyer, A. Alevra, I.R. Lucas, M.T. Magda, M.E. Nistor // Nucl. Phys. – 1974. – Vol. A231. – P.64-76.
12 Дуйсебаев А.Д. Исследование реакций на ядрах ^{27}Al, ^{59}Co, ^{112}Sn под действием ускоренных ионов ^{3}He с энергией 34,8 МэВ с вылетом протонов, дейтронов, тритонов и α-частиц / А.Д. Дуйсебаев, Н. Буртебаев, Г.Н. Иванов, В.И. Канашевич, Э.И. Кэбин, В.А. Личман, Ю.И. Нечаев, В.А. Хаймин, В.Г. Сухаревский //Ядерная физика.- 1982.- Т.26, вып.1 (17).- С.32.
13 Арзуманов, А.А. Изохронный циклотрон с регулируемой энергией ионов / А.А. Арзуманов, Л.М. Неменов, О.И. Анисимов и др.// Изв. АН КазССР, сер. физ. –мат. – 1973. – № 4. – С.6-15.
14 Дуйсебаев, А.Д. Камера рассеяния для исследования продуктов ядерных реакций на пучке циклотрона / А.Д. Дуйсебаев, Г.Н. Иванов, С.Н. Рыбин // Изв.АН КазССР, сер. физ. –мат. – 1983. – № 2. – С.80-81.
15 Griffin J. J. Statistical model of intermediate structure / J. J. Griffin// Phys. Rev. Lett. – 1966. – Vol.17, № 9. – P.478-481.
16 Kalbach C. Two–component exciton model: Basic formalism away from shell closures / C. Kalbach // Phys. Rev. – 1986. – Vol. C33. – P.818-833.
17 Kalbach C. Shell–corrected particle–hole state densities for pre–equilibrium reaction calculations / C. Kalbach / J. Phys. – 1995. – Vol. G21. – P.1499-1518.
18 Kalbach C. Pre-equilibrium reactions with complex particle channels / C. Kalbach // Phys. Rev. – 2005. – Vol. C71. – P.034606-1 – 034606-23.
19 Williams F. C. Particle–hole state density in the uniform spacing model // Nucl. Phys. – 1971. – Vol.A166. – P.231-240.
20 Kalbach C. PRECO-2006: Exiton model preequilibrium nuclear reaction code with direct reaction / C. Kalbach – Durham NC 27708–0308, 2007. – 184 p.

Аңдатпа. *Эксперименталдық зерттеу жұмыстары Ядролық Физика Институтының изохронды циклотронымен орындалды. Инклюзивті спектр протондардың ^{27}Al ядроларымен әсерлесуі нәтижесінде туындайды. Инклюзивтік спектрлерді өлшеу 15-135^{0} бұрыштық аралығында 15^{0} қадаммен жүргілді. Протондардың энергиясы E_{3He}=50,5 МэВ құрады. Реакциялардың эксперименттік қималарын талдау ядролық реакцияларды сипаттауға арналған экситондық моделге сәйкес жүргізілді. Спектрлер 1-ден 4-ке дейінгі массалық саны бар құрама ядродан шыққан бөлшектердің эмиссиясын сипаттайды.*

Түйін сөздер: *протондар,компаунд ядро, экситондық модель, интегралдық спектр, циклотрон, үдеткіш.*

Abstract *Experimental studies were carried out in the isochronous cyclotron of the Institute of Nuclear Physics. The interaction of the protons with the nuclei 27Al arise inclusive spectrum of protons with an energy of 50.5 MeV. The spectra were measured in the range of angles 15-135o 15 ° increments. The experimental spectra were obtained on the basis of the exciton model. The resulting condition of equality describes the emission of particles with a specific mass number from 1 to 4.*

Keywords: *protons, compound nucleus, the exciton model, the integral spectrum, tsiklotorn, accelerator.*

УДК 533.15:536.25

[1] Ю.И. Жаврин, [2] В.Н. Косов, [1] С.А. Красиков,[2]А.К. Шоканов

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ТРЕХСТУПЕНЧАТОЕ УСТРОЙСТВО ПО ОЧИСТКЕ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ ОТ ТЯЖЕЛЫХ ПРИМЕСЕЙ

([1]Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики при Казахском национальном университете им. аль-Фараби,
[2]Казахский национальный педагогический университет им. Абая, г. Алматы)

Аннотация. *Описано устройство позволяющее проводить работы по определению оптимальных параметров установки для разного количества ступеней разделения различных по сечению диффузионных и подводящих каналов. Описан механизм работы многоступенчатого устройства для разделения углеводородных газов.*

Ключевые слова: *Газы, диффузия, смеси, конвекция, разделение, лабораторное устройство разделения, сменные модули типовых диффузионных каналов*

Исследования по изучению изотермического массопереноса в многокомпонентных газовых системах показали, что при конвективной диффузии возникают условия, связанные с преимущественным переносом самого тяжелого по плотности компонента смеси [1-3]. В работах [4-7] был разработан комплекс инновационных подходов обеспечивающих создание устройств, в которых осуществляется селективный перенос компонентов смеси (до 30% – 40% от исходного состава). Изучение степени селективного переноса фреона 12 в многокомпонентных газовых смесях содержащих гелий, метан, азот, аргон, н-бутан в режиме непрерывного разделения в условиях диффузионного моста показало, что имеется возможность увеличения степени переноса самого тяжелого по плотности компонента смеси [8,9]. Проанализируем опытные данные [8,9] по смешению бинарной смеси 0,7 He + 0,3 R12 (здесь и далее цифры перед химическими элементами определяют концентрацию компонента в мольных долях) с аргоном.

Как видно из рис. 1 почти 50 % фреона-12 от своего исходного состава поступает в газовую магистраль с технологическим газом (аргоном). Если на следующую ступень разделения подается уже исходная смесь 0,85 He + 0,15 R12, которая смешивается с аргоном, то, как показывают данные рис. 1, величина преимущественного разделения R12 также соответствует примерному значению 50 % от исходного состава. Наконец подаваемая на третью ступень смесь 0,925 He + 0,075 R12 при смешении с аргоном также позволяет отделить практически половину фреона-12 от своего исходного состава (рис. 1). Следовательно, применение только трех этапов разделения позволяет уменьшить содержание самого тяжелого по плотности компонента приблизительно в 10 раз. Таким образом, при трехступенчатом процессе разделения газов можно получить степень отделения тяжелых компонентов порядка 80 - 90%, что является вполне конкурентным показателем в сравнении с промышленными методами разделения. Аналогичная ситуация наблюдалась и при смешении многокомпонентных систем $CH_4 + R12 - н\text{-}C_4H_{10}$, $N_2 + R12 - н\text{-}C_4H_{10}$.

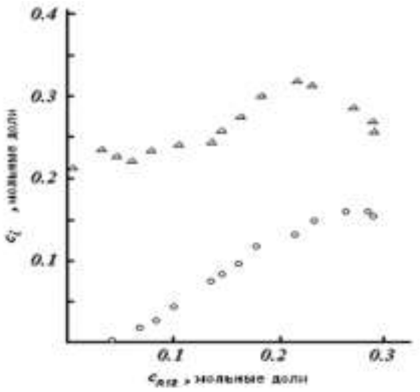


Рисунок 1 – Селективное разделение фреона-12 в зависимости от его содержания в исходной газовой смеси $He + R12 - Ar$. Точки ○, Δ – опытные данные для фреона-12 и гелия. P = 0,092 МПа, T = 298,0 К [8,9].

Предлагаемая схема разделения может быть реализована на трехступенчатом устройстве для разделения газов, схема которого приведенна на рис. 2. Процесс разделения происходит следующим образом. В канал 4 подается смесь углеводородных газов, состоящая из тяжелых и легких компонентов. В нижний канал 5 подается технологический (буферный) газ. Для предотвращения гидродинамических течений давление в каналах 4 и 5 устанавливают одинаковыми. Тогда, если характерный размер канала 1 превышает критический, определяемый в рамках теории устойчивости [10,11], то реализуется конвективный режим, где за счет различия в коэффициентах диффузии компонентов, возникают условия для преимущественного переноса самого тяжелого по плотности компонента в нижний канал 5, где происходит смешение с технологическим газом. В свою очередь, очищенная от тяжелых примесей газовая смесь с более легким технологическим газом попадет в верхнюю емкость 4. Таким образом, в разделяемой смеси происходит отделение тяжелого газа и замещение его более легким технологическим газом [5], т.е. нижний канал 5 обогащается тяжелой составляющей смеси, а верхний 4 – легкой, которые далее перемещаются к зоне канала 2. Аналогичный механизм разделения действует и на последующих ступенях разделения.

По мере протекания смеси газов по каналу 4 более 90 % тяжелого компонента будет удалено в нижний канал 5 и заменено технологическим газом. Указанная величина отделения тяжелых компонентов является конкурентной для создания промышленных методов разделения. Для окончательного разделения проводят (если это необходимо) отделение технологического газа. Следует также обратить внимание на тот факт, что по мере прохождения газовой смеси по каналам может меняться ее состав. Это необходимо учитывать для оценки характерных размеров каждого последующего канала разделения.

Указанное устройство позволяет проводить работы по определению параметров установки для разного количества ступеней разделения различных по сечению диффузионных и подводящих каналов. Для проведения опытно-экспериментальных работ по отработке процессов разделения углеводородных газов было создано экспериментальное трехступенчатого разделительное устройство, общий вид которого приведена на рис.3.

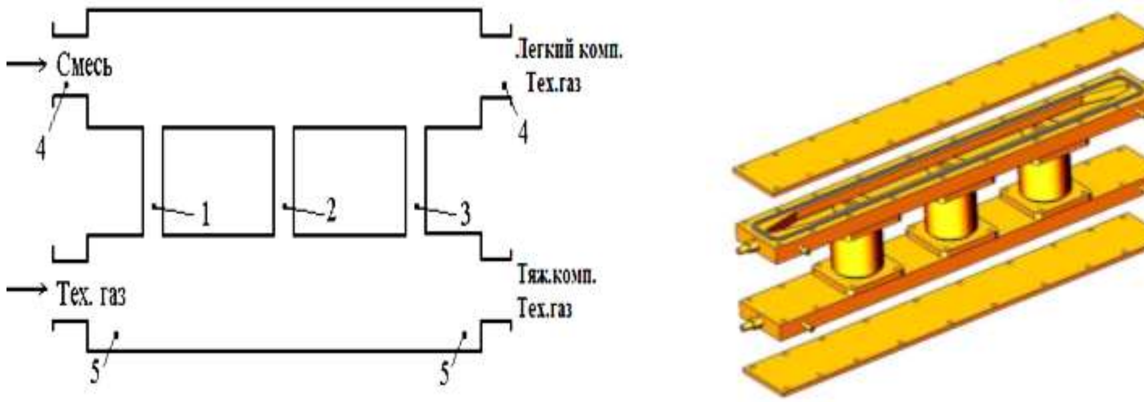


Рисунок 2 – Схема и внешний вид устройства для разделения газов в режиме диффузионной неустойчивости. 1, 2, 3 – диффузионные каналы, 4 – канал углеводородных газов, 5 – канал технического (буферного) газа.

Экспериментальное устройство разделения, изображенное на рис. 3 состоит из: 1 – корпус; 2 – крышка плоская; 3 - крышка с выступом; 4 - бобышка; 5 – уплотнение; 6 – нипель; 7 – штуцер; 8-10 – крепеж. В сборку входят также, сборочные единицы: диффузионный канал; имитатор диффузионного канала; диффузионный канал с прозрачным окном.

Характерной особенностью разделительного устройства (рис.2) является возможность исследовать схемы работы с одним, двумя и тремя каналами, с различными характерными размерами каналов, что показано на рис. 2, различными размерами сечений каналов углеводородных газов и буферных газов и различными расстояниями между диффузионными каналами. Предварительные расчеты показали, что для обеспечения максимального коэффициента разделения характерный размер каждого последующего диффузионного канала должен быть больше предыдущего.

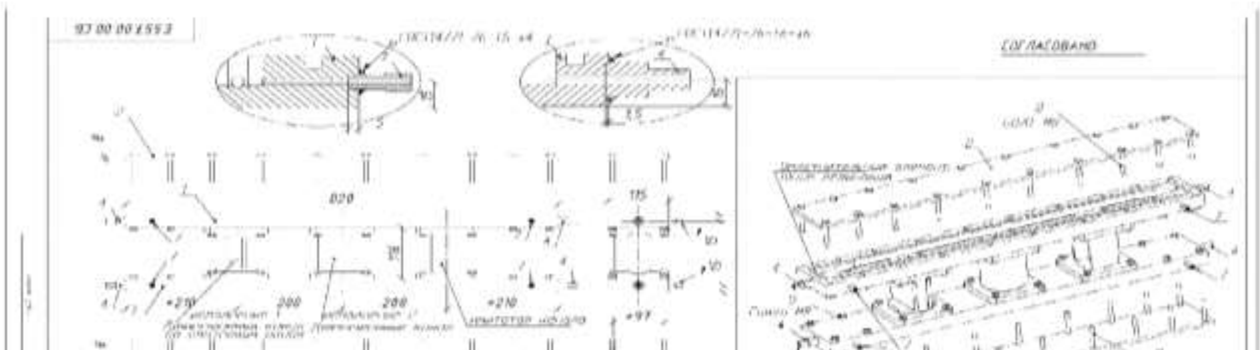
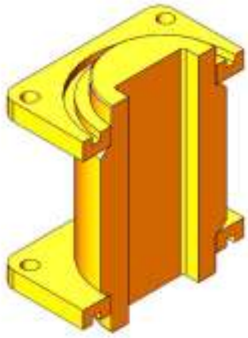


Рисунок 3 – Сборочный чертеж устройства по разделению газов содержащих углеводородные компоненты.



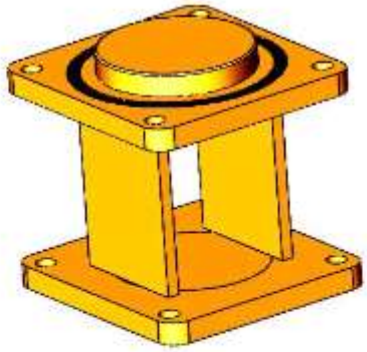


Рисунок 4 – Диффузионный канал и имитатор диффузионного канала. Имеется набор диффузионных каналов с характерными размерами 8, 12, 16, 22 мм.

Экспериментальное разделительное устройство предназначено для исследования процесса разделения углеводородсодержащих газовых смесей в режиме конвективной диффузии для определения оптимальных параметров разделения. Методика проведения эксперимента аналогична описанной в [8,9].

Работы планируются к выполнению при финансовой поддержке гранта Комитета Науки МОН РК № 3482/ГФ4.

1. Жаврин Ю.И., Косов Н.Д., Белов С.М., Тарасов С.Б. Влияние давления на устойчивость диффузии в некоторых трехкомпонентных газовых смесях // ЖТФ. – 1984. – Т. 54, Вып. 5. – С. 943-947.
2. Жаврин Ю.И., Айткожаев А.З., Косов В.Н., Красиков С.А. Влияние вязкости на устойчивость диффузионного массопереноса в изотермических трехкомпонентных газовых смесях // Письма в ЖТФ. – 1995. – Т. 21, Вып. 6. – С. 7-12.
3. 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, Вып. 10. – С. 139-140.
4. Предварительный патент РК № 6359 / Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Красиков С.А. –Опубл. 15.07.1998, – бюл. № 6.
5. Патент РК № 26884. Устройство разделения газовой смеси / Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Красиков С.А., Федоренко О.В. // Промышленная собственность. – 2013. – Бюл. № 12 б. – С. 129.
6. Патент РК № 26885. Способ разделения газовой смеси / Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Красиков С.А., Федоренко О.В. // Промышленная собственность. – 2013. – Бюл. № 12 б. – С. 129-130.
7. Инновационный патент РК № 28071. Способ разделения газовой смеси / Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Красиков С.А., Федоренко О.В. // Промышленная собственность. – 2014. – Бюл. № 1. – С. 26.
8. Косов В.Н., Кульжанов Д.У., Жаврин Ю.И., КрасиковС.А., ФедоренкоО.В. Особенности разделения углеводородных изотермических газовых смесей при конвективной диффузии / Под ред. Чл.-корр. НАН РК, В.Н. Косова. – Алматы: MV-Принт, 2014. – 144 с.
9. Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Красиков С.А. Исследование неустойчивого диффузионного процесса в изотермических трехкомпонентных газовых смесях в стационарных условиях // ЖТФ. – 1999. – Т. 69, Вып. 7. – С. 5-9.
10. Гершуни Г.З., Жуховицкий Е.М., Непомнящий А.А. Устойчивость конвективных течений. – М.: Наука, 1989. – 320 с.
11. Джозеф Д. Устойчивость движений жидкости / Пер. с англ. – М.: Мир, 1981. – 638 с.

Аңдатпа. *Көмірсутекті газ қоспаларды ауыр қоспалардан артықшылықтармен бөлудің тәжірибелік үшсатылы қондырғысы сипатталды. Көмірсутекті газдарды бөліп алуға арналған көпсатылы қондырғының жұмыс механизмі сипатталды.*

Түйін сөздер: *Газдар, диффузия, қоспа, конвекция, бөліну, лабораторлық бөлу қондырғысы, типтік диффузиялық каналдың ауыспалы модулі.*

Abstract. *Experimental three-stage device that performs the purification of hydrocarbon gas mixtures of heavy impurities is described. The action of multistage device for the separation of hydrocarbon gases is specified.*

Keywords: *Gases, diffusion, mixtures, convection, separation, separation laboratory device, plug-in modules of standard diffusion channels.*

УДК 533.15:536.25

[1] В.Н. Косов, [2]С.А. Красиков, [2]О.В.Федоренко, [1]Г.А. Акылбекова

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДИФФУЗИОННЫХ КАНАЛОВ В ОПЫТНОМ МНОГОСТУПЕНЧАТОМ УСТРОЙСТВЕ РАЗДЕЛЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ ОТ ТЯЖЕЛЫХ ПРИМЕСЕЙ

([1] Казахский национальный педагогический университет им. Абая;
[2] Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики при Казахском национальном университете им. аль-Фараби,г. Алматы)
**E-mail:* kosov_vlad_nik@list.ru

Аннотация. *Описана возможность проведения работ по определению оптимальных параметров перспективной опытно промышленной установки для разного количества ступеней разделения различных по сечению диффузионных и подводящих каналов с помощью экспериментального устройства. Показаны возможности сборки различных рабочих схем для исследования режимов разделения углеводородных газовых смесей. Представлена возможность проведения работ по оптимизации конструктивных параметров (размеров каналов подачи углеводородного газа и канала подачи технологического газа, характерного размера диффузионных каналов, уточнения размеров между диффузионными каналами и подбора скоростей подачи газов) с целью получения максимальной производительности при конкурентных параметрах по разделению газов.*

Ключевые слова: *Газы, диффузия, смеси, конвекция, разделение, лабораторное устройство разделения, сменные модули типовых диффузионных каналов*

Создание перспективного промышленного метода разделения углеводородных газов, основанного на эффекте конвективной диффузии, предопределяет необходимость проведения работ по уточнению параметров и характеристик будущей опытно промышленной установки для обеспечения максимальных коэффициентов разделения при необходимых расходах и давлениях. С этой целью создано экспериментальное устройство разделения углеводородных газов, которое позволяет проводить работы по определению параметров установки с разным количеством ступеней разделения, различных по сечению диффузионных и подводящих каналов (Рис.1). Проведенные теоретические и лабораторные исследования [1-3] обосновывают возможность создания устройств для разделения смесей углеводородных газов проточным методом в режиме конвективной диффузии. Характерной особенностью разделительного устройства (рис.1) от раннее применявшихся [4-7] является возможность исследовать схемы работы с одним, двумя и тремя диффузионными каналами, с их различными характерными размерами.

Диффузионный канал выполнен в виде блока (рис.2), позволяющего осуществлять его замену на имитатор диффузионного канала или диффузионный канал с прозрачным окном (рис.3) для изучения процессов с помощью теневого прибора. Сечение диффузионного канала было получено фрезеровкой после распила центральной цилиндрической части и дальнейшей сборки с помощью сварки. Имитатор диффузионного канала (рис.3) предназначен для сборок экспериментального устройства с числом каналов меньше 3. Диффузионный канал с прозрачным окном (рис.3) предназначен для изучения структурированных процессов в теневом приборе.

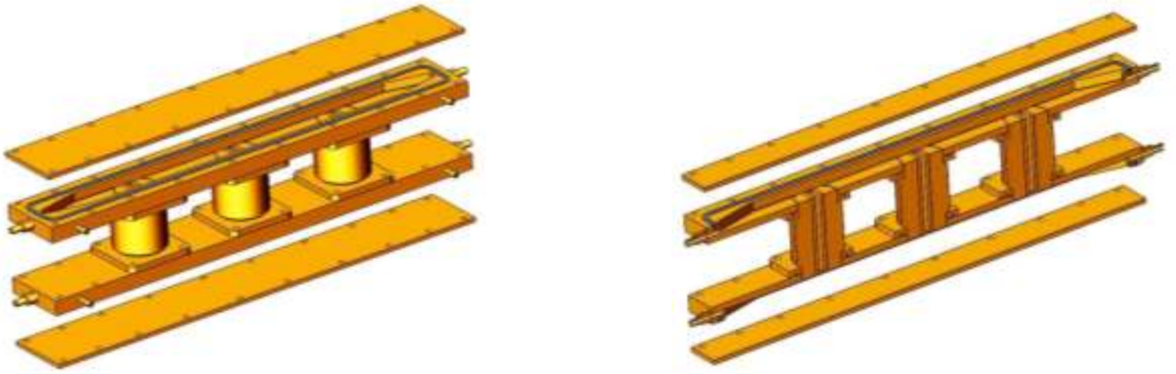


Рисунок 1– Экспериментальное устройство по разделению газов содержащих углеводородные компоненты. Сборка для изучения зависимости коэффициентов разделения от сечений диффузионных каналов.

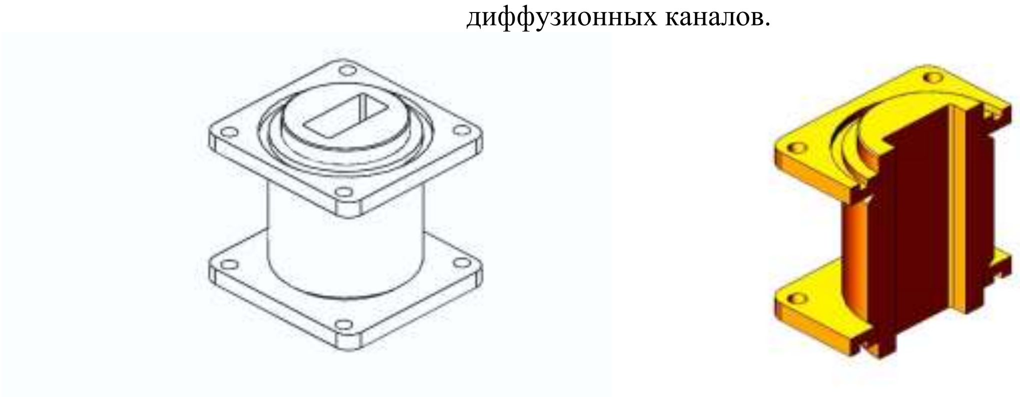


Рисунок 2 – Диффузионный канал. Имеется набор диффузионных каналов с характерными размерами 8, 12, 16, 22 мм.

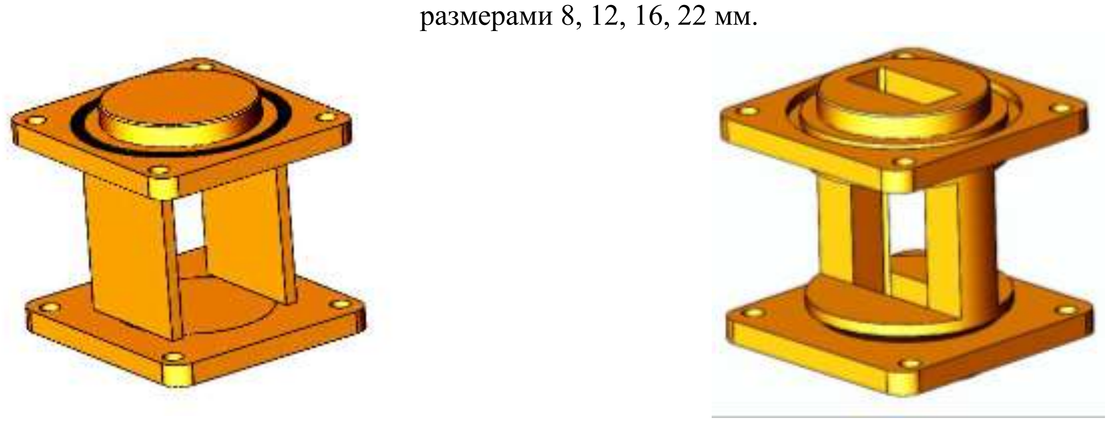


Рисунок 3 – Имитатор диффузионного канала и диффузионный канал с прозрачным окном для изучения процессов в теневом приборе.

Для изучения структурированных движений в режиме конвективной диффузии предусматривается вариант сборки с двумя имитаторами и одним диффузионным каналом с прозрачными стенками для оптических приборов (рис.4). Исследование зависимости коэффициентов разделения от характерного размера диффузионных каналов предполагает варианты сборки как с одним каналом, так и набором с характерными размерами 8, 12, 16, 22 мм (рис.1). Изучение интенсивности конвективных течений от расстояния между каналами реализуется вариантами сборки разделительной ячейки приведенной на рис.5. Определение влияния количества диффузионных каналов на величины разделения компонентов предусматривает варианты сборки, приведенные на рис.1 и рис.6.

Методика проведения эксперимента аналогична описанной в [1].

В комплекте экспериментального разделительного устройства изготовлены также две крышки с выступами, позволяющими изменить проходное сечение верхнего и нижнего подводящих каналов, и тем самым определить их влияние на коэффициенты разделения.

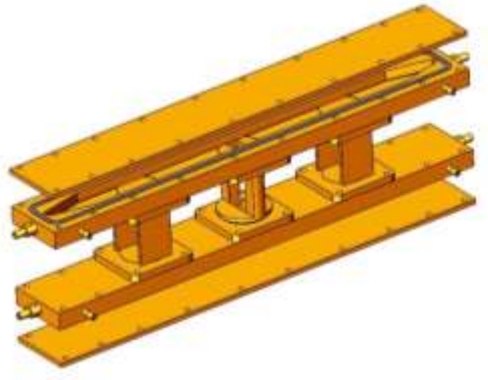
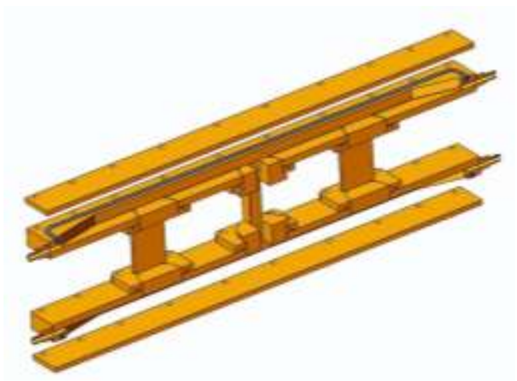



Рисунок 4 – Экспериментальное устройство по разделению газов содержащих углеводородные компоненты. Сборка для изучения процессов в диффузионном канале на теневом приборе.

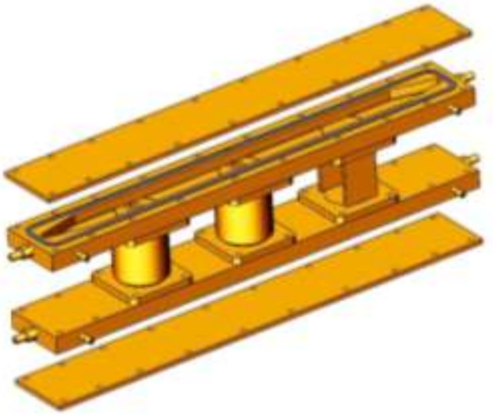
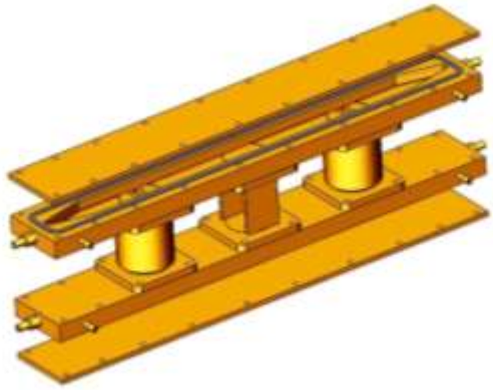



Рисунок 5 – Экспериментальное устройство по разделению газов содержащих углеводородные компоненты. Сборки для изучения зависимости коэффициентов разделения от расстояния между диффузионными каналами.

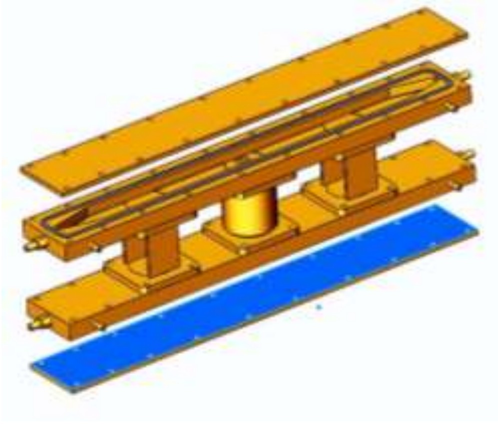


Рисунок 6 – Экспериментальное устройство по разделению газов содержащих углеводородные компоненты. Сборки для изучения зависимости коэффициентов разделения от количества диффузионных каналов.

С помощью экспериментального разделительного устройства будут проведены работы по оптимизации конструктивных параметров (размеров каналов подачи углеводородного газа и канала подачи технологического газа, характерного размера и числа диффузионных каналов, уточнения размеров между диффузионными каналами и подбора скоростей подачи газов) с целью получения максимальной производительности при конкурентных параметрах по разделению газов.

Работы планируются к выполнению при финансовой поддержке гранта Комитета Науки МОН РК № 3482/ГФ4.

1. Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Красиков С.А. Исследование неустойчивого диффузионного процесса в изотермических трехкомпонентных газовых смесях в стационарных условиях // ЖТФ. – 1999. – Т. 69,Вып. 7. – С. 5-9.
2. Косов В.Н., Селезнев В.Д. Аномальное возникновение свободной гравитационной конвекции в изотермических тройных газовых смесях. – Екатеринбург: УрО РАН, 2004. – 149 с.
3. Косов В.Н., Кульжанов Д.У., Жаврин Ю.И., КрасиковС.А., ФедоренкоО.В. Особенности разделения углеводородных изотермических газовых смесей при конвективной диффузии / Под ред. чл.-корр. НАН РК, В.Н. Косова. – Алматы: MV-Принт, 2014. – 144 с.
4. Предварительный патент РК № 6359 / Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Красиков С.А. – Опубл. 15.07.1998. – бюл. № 6.
5. Патент РК № 26884. Устройство разделения газовой смеси / Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Красиков С.А., Федоренко О.В. // Промышленная собственность. – 2013. – Бюл. № 12 б. – С. 129.
6. Патент РК № 26885. Способ разделения газовой смеси / Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Красиков С.А., Федоренко О.В. // Промышленная собственность. – 2013. – Бюл. № 12 б. – С. 129-130.
7. Инновационный патент РК № 28071. Способ разделения газовой смеси / Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Красиков С.А., Федоренко О.В. // Промышленная собственность. – 2014. – Бюл. № 1. – С. 26.

Андатпа. *Көмірсутекті газ қоспаларды ауыр қоспалардан артықшылықтармен бөлудің тәжірибелік үшсатылы қондырғысы сипатталды. Көмірсутекті газдарды бөліп алуға арналған көпсатылы қондырғының жұмыс механизмі сипатталды. Көмірсутекті газ қоспаларын бөліп* *алу режимдерін зерттеуге түрлі жұмыс схемаларды жинастырудың мүмкіндіктері көрсетілді. Конструктивті параметрлер (технологиялық газдың каналда өтуі мен каналда көмірсутекті газдың өту өлшемдері, диффузиялық каналдың сипаттамалық өлшемдері, газдың өту жылдамдығын таңдау мен диффузиялық канал арасындағы өлшемдерді анықтау) мақсатында газды бөліп алудың бәсекелік параметрмен максимал өнімділікте алудың оптимизациясы бойынша жұмыс жүргізу мүмкіндіктері келтірілді.*

Түйін сөздер: *Газдар, диффузия, қоспа, конвекция, бөліну, лабораторлық бөлу қондырғысы, типтік диффузиялық каналдың ауыспалы модулі.*

Abstract. *Experimental three-stage device that performs the purification of hydrocarbon gas mixtures of heavy impurities is described. The action of multistage device for the separation of hydrocarbon gases is specified. The possibilities of the various working schemes assembly for the separation study of hydrocarbon gas mixtures are shown. The opportunity to work on the optimization of design parameters (dimensions of the hydrocarbon gas supply channels and process gas supply channel, the characteristic size of the diffusion channel, the specification of sizes between diffusion channels and the fitting of gas supply rates) in order to obtain maximum productivity with the competitive parameters for the separation of gases is given.*

Keywords: *Gases, diffusion, mixtures, convection, separation, separation laboratory device, plug-in modules of standard diffusion channels.*

ӘОЖ 536.24:66.015.23

М.Қ. Құлбекұлы, Б. Ерженбек, Д.М. Кулбеков, Е.А. Оспанбеков

КЕРАМИКАЛЫҚ ЖАЗЫҚ ҮЛГІЛЕРДЕГІ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҮДЕРІСТЕРДІҢ ИЗОТЕРМИЯЛЫҚ ЕМЕС ДИФФУЗИЯЛЫҚ КИНЕТИКАСЫН ЗЕРТТЕУ

(Алматы қ., Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті)

Аңдатпа. *Ғылыми мақалада керамикалық үлгілерді қыздыру барысында жүретін диффузиялық сипаттағы физика-химиялық үдерістердің кинетикасын зерттеу нәтижелері келтірілген. Изотермиялық емес диффузиялық үдерістер геометриялық өлшемдері (қалыңдықтары) әртүрлі жазық жұқа үлгілерді үш түрлі жылдамдықпен қыздыру жағдайларында қарастырылған. Зерттеу нысаны ретінде табиғи лай шикізатынан пластикалық тәсілмен дайындалған жазық пластина пішіндес үлгілер алынған. Осындай үлгілерді қыздыру барысындағы кристалдық судың ыдырауына байланысты орын алатын диффузиялық үдерістер кинетикасы есептеу тәжірибелерін жүргізу арқылы зерттелген. Компьютерлік сандық нәтижелер графиктер түрінде беріліп, олар ғылыми тұрғыдан талданып сипатталған.*

Түйін сөздер: *қылтүтіктіқуысты, жазық, диффузия, үдеріс, монотермит, кинетика, изотермиялық емес.*

Табиғатта, техникада және технологияда изотермиялық емес жағдайда өтетін тасымалдау үдерістері жиі кездеседі. Мұндай үдерістер изотермиялық жағдайға қарағанда күрделі өтетіндіктен, олар арнайы зерттеуді қажет етеді. Компьютерлік техниканың қарқынды дамуына байланысты бұл үдерістерді сандық тұрғыдан үлгілеп зерттеу жұмыстары жедел дамып келеді. Алдыңғы жарияланған ғылыми жұмыста [1] қылтүтіктіқуысты жазық жұқа үлгілердегі изотермиялық жағдайлардағы диффузиялық үдерістердің кинетикасын сандық тұрғыдан үлгілеп зерттеу нәтижелері қарастырылды.

Бұл ғылыми мақалада қылтүтіктіқуысты жұқа жазық керамикалық үлгілерді изотермиялық емес жағдайда қыздыру барысында орын алатын диффузиялық сипаттағы дегидратациялық үдерістердің кинетикасын сандық тұрғыдан зерттеу нәтижелері келтірілген.

Бұрыңғы жұмыстарда [1-4] қылтүтіктіқуысты үлгілерде орын алатын табиғаты ұқсас диффузиялық үдерістердің зоналық (аймақтық) механизмі анықталған болатын. Диффузиялық үдерістер әуелі үлгі бетінде басталып қажетті жағдайлар орын алғанда (температура, қысым) біртіндеп жұқа аймақтарда (беттерде) жүріп белгілі жылдамдықпен оның ішкі қабаттарына қарай жылжи береді екен. Бұл жағдайдағы үдеріс жылдамдығы негізінен физика-химиялық түрленулердің (реакциялардың) газ тектес өнімдерінің (біздің жағдайымызда су буы) үдеріс бітіп кеткен қабаттардан сыртқа шығуымен шектеліп диффузиялық сипатта болады.

Есептеу тәжірибелері монотермитті лай шикізатынан пластикалық қалыптау әдісімен жасалған пластина пішіндес үлгілерді изотермиялық емес жағдайда қыздыру барысындағы кристалдық байланыстағы судың ыдырап шығуына, яғни дегидратация кезіндегі диффузиялық үдерісінің кинетикасын сандық тұрғыдан зерттеу әдістері арқылы жүргізілді.

Жазық керамикалық үлгілердегі осындай диффузиялық үдерістерді сипаттайтын математикалық модель ретінде мынадай кинетикалық теңдеуді алуға болады [2-5].

$$\frac{(1-U)^2}{2} = \frac{D_{эф} \cdot \tau}{R^2} \tag{1}$$

мұндағы, $D_{эф}$ -эффективті диффузиялық коэффициент; τ- уақыт; U- байланыстағы заттың (біздің жағдайымызда кристалдық байланыстағы су) салыстырмалы массасы; R- анықтаушы өлшем, пластина үшін оның қалыңдығының жартысы.

Бұл теңдеудің оң жағындағы өрнек массатасымалдау үшін Фурье критерии (Fo_m) болып табылады:

$$Fo_m = \frac{D_{эф} \cdot \tau}{R^2 \cdot} \cdot \tag{2}.$$

Бұл критерий үлгілердегі массатасымалдау (диффузиялық) үдерістерінің жалпылай ұзақтығын сипаттайтыны белгілі. Қарастырылып отырған жұқа жазық үлгілердегі диффузиялық үдерістердің жүру ұзақтығына (аяқталуына), яғни U=0 жағдайына оның ½ мәні сәйкес келеді.

Сонда (1) теңдеуді мынадай критериалді түрде жазуға болады:

$$\frac{(1-U)^2}{2} = Fo_m \tag{3}$$

Изотермиялық емес жағдайдың ерекшелігі бұл үдерістер кезінде эффективті диффузиялық коэффициенттің температураға тәуелді өзгеретіндігінде. Бұл коэффициенттің температураға тәуелділігін мынадай белгілі өрнекпен сипаттауға болады:

$$D_{эф} = D_0 * e^{-E/R_г T} \tag{3}$$

мұндағы, D_0 -берілген үдеріс үшін тұрақты шама; Е-активациялық энергия; $R_г$-газ тұрақтысы; Т-температура. Зерттелетін монотермитті лай үлгісі үшін тәжірибе жүзінде келесі шамалар анықталынып алынды: $D_0 = 2.51 \cdot 10^3 см^2 / мин$; Е=90000 Дж/моль.

Осы өрнекті ескеріп, (1) теңдеуден изотермиялық емес диффузиялық үдерістердің кинетикасын жуықтап сипаттауға мүмкіндік беретін мынадай кинетикалық теңдеу алуға болады:

$$\frac{(1-U)^2}{2} = \frac{D_0 * e^{-E/R_г T} \cdot \tau}{R^2} \cdot \tag{4}$$

Жазық жұқа керамикалық үлгілер 800-1000К температуралар аралығында сызықтық заңдылықпен қыздырылады:

$$T = \upsilon_T \tau + T_б , \tag{5}$$

мұндағы υ_T – тұрақты қыздыру жылдамдығы, $T_б$ -бастапқы температура.

Осы айтқандарды ескере отырып (4) теңдеуді былай жазуға болады:

$$\frac{(1-U)^2}{2} = \frac{D_0 * e^{-E/R_г(\upsilon_T \tau + T_б)} \cdot \tau}{R^2} \tag{6}$$

Енді бұл теңдеуді U-ға қатысты жазып есептеу тәжірибелерін жүргізу мақсатында қолданылатын алгортимді аламыз:

$$U = 1 - \left(\frac{2D_0 * e^{-E/R_г(\nu\tau + T_б)} \bullet \tau}{R^2} \right)^{\frac{1}{2}} . \tag{7}$$

Microcal Origin бағдарламасы көмегімен есептеу тәжірибелері мынадай нақтылық шарттар жағдайында жүргізілді.

Физикалық шарттар тобы. Зерттеу нысаны ретінде табиғи монотермитті лай шикізатынан пластикалық жолмен қалыптау арқылы дайындалған, жазық тақтайша пішіндегі үлгілер алынды. Бұл үлгілердегі фазалық-химиялық түрленулерге байланысты жүретін диффузиялық үдерістер үш түрлі жылдамдықпен ($\nu_1 = 3K/мин,$ $\nu_2 = 5K/мин,$ $\nu_3 = 7K/мин$) қыздыру жағдайында зерттелді.

Қыздыру барысындағы эффективті диффузиялық коэффициенттің мәні (3) өрнекпен есептеліп отырды.

Геометриялық шарттар тобы. Зерттелген табиғи монотермитті лай шикізатынан жасалған пластина пішіндес үлгілер мынандай қалыңдықтарда:

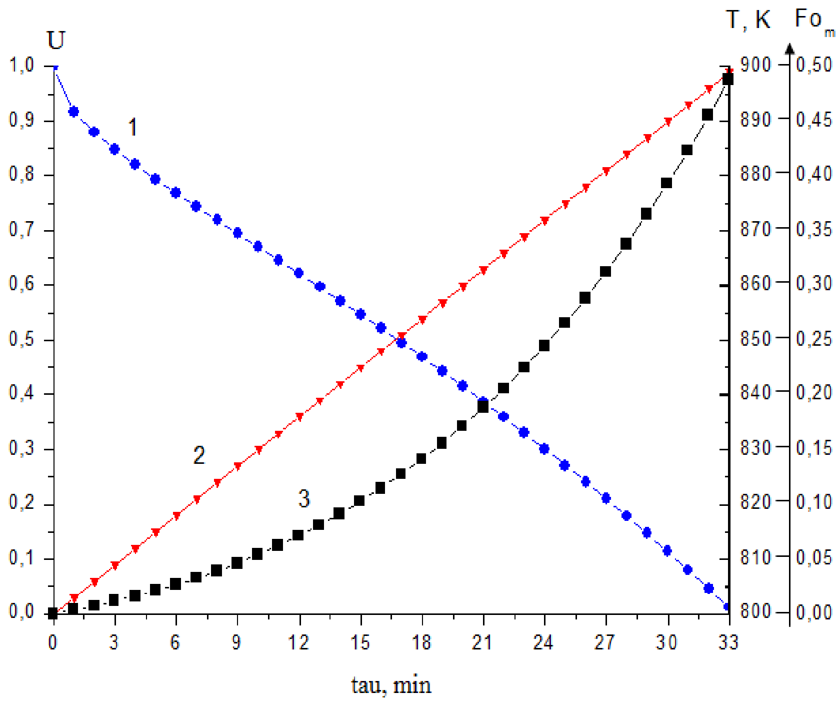
$d_1 = 2r_1 = 2см$, $d_2 = 2r_2 = 4см$, $d_3 = 2r_3 = 6см$ алынды.

Шеттік шарттар тобы. Бастапқы шарт бойынша (τ=0) үлгі қабаттарындағы байланыстағы заттың салыстырмалы массасының мәндері бірдей болды: $U(0,x) = 1 = const$. Зерттеу барысында массатасымалдаудың бірөлшемді симметриялы есебі қарастырылды. Диффузиялық массатасымалдау үдерісі бірінші текті шекаралық шарт жағдайында қарастырылды. Үдеріс басталған сәттен-ақ өте аз уақыт шамасында үлгі бетіндегі байланыстағы заттың салыстырмалы массасының мәні U=0 болып, тұрақты қалады.

Монотермитті жазық тақтайша пішіндегі үлгілердегі диффузиялық үдерістер кинетикасы 800 К температурадан бастап қыздыру жағдайында есептеу тәжірибелерін жүргізу арқылы зерттелді.

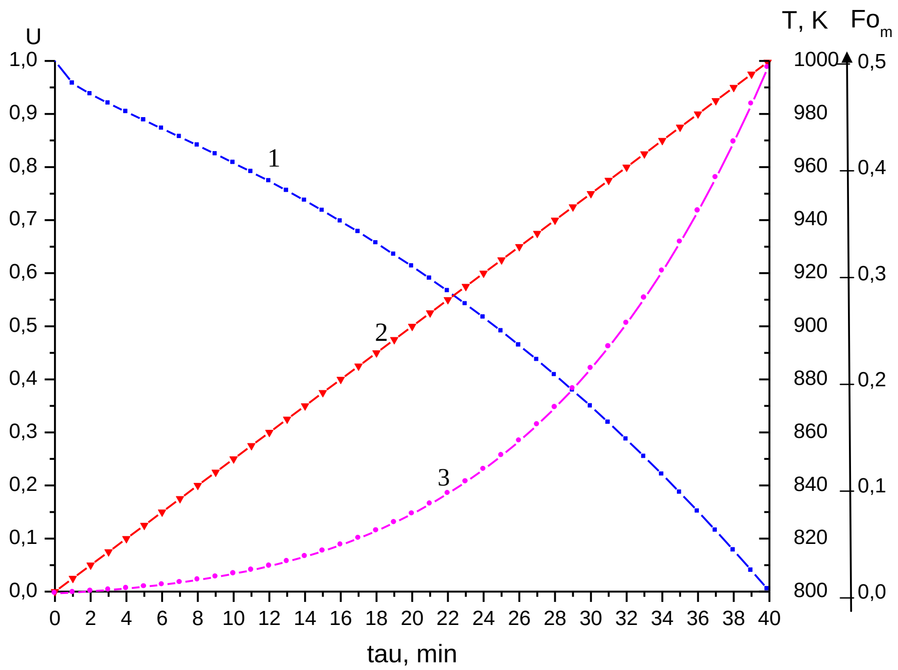
Мысал ретінде, есептеу тәжірибелерінің нәтижелері 1-5 суреттерде келтірілген. Енді осы алынған нәтижелерге қысқаша тоқтала кетейік.

1-3 -суреттерде қалыңдығы бірдей d=4см, қыздыру жылдамдықтары әр түрлі $\vartheta = 3K/мин;$ $\vartheta = 5K/мин;$ $\vartheta = 7K/мин$ жазық керамикалық үлгінің изотермиялық емес жағдайдағы дегидратация кезіндегі диффузиялық үдерістердің кинетикасы келтірілген.



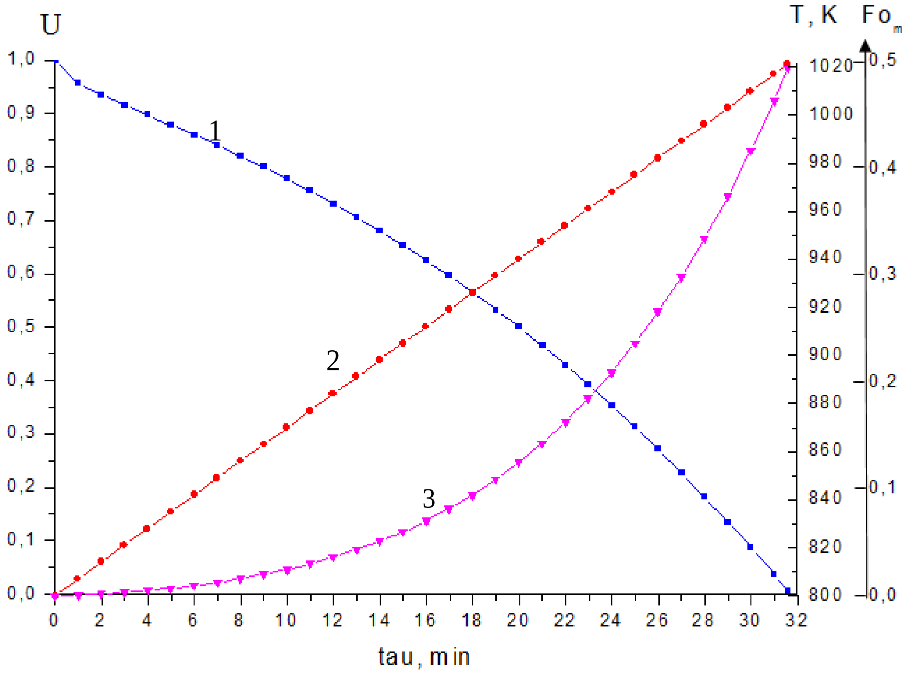
1-сурет. Жазық керамикалық үлгідегі диффузиялық дегидратация үдерістерінің кинетикалық қисықтары $d = 2r = 4см;\ \vartheta = 3К/мин.$

1 –қисық: $U = f(\tau)$; 2–қисық: $T = f(\tau)$; 3–қисық: $Fo_m = f(\tau)$.



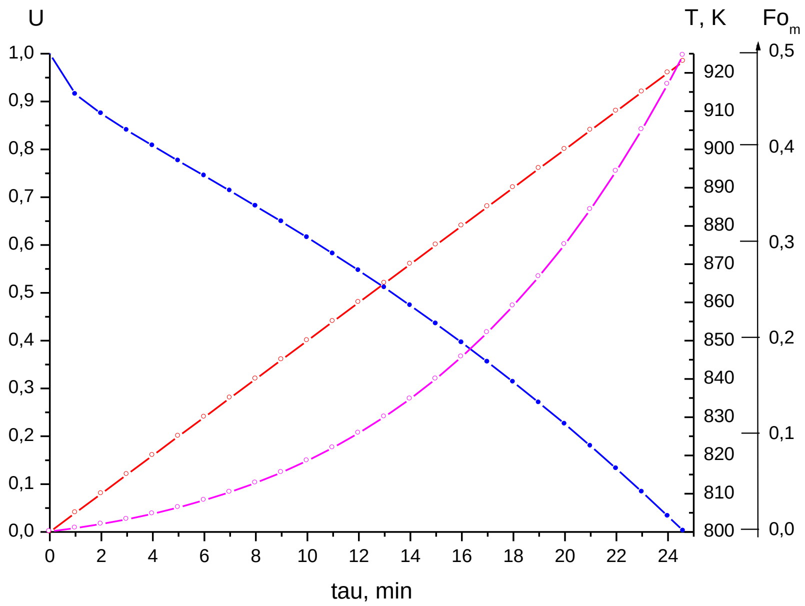
2-сурет. Жазық керамикалық үлгідегі диффузиялық дегидратация үдерістерінің кинетикалық қисықтары $d = 2r = 4см;\ \vartheta = 5К/мин.$

1-3 қисықтардың сипаты (белгілері) 1- суреттегідей



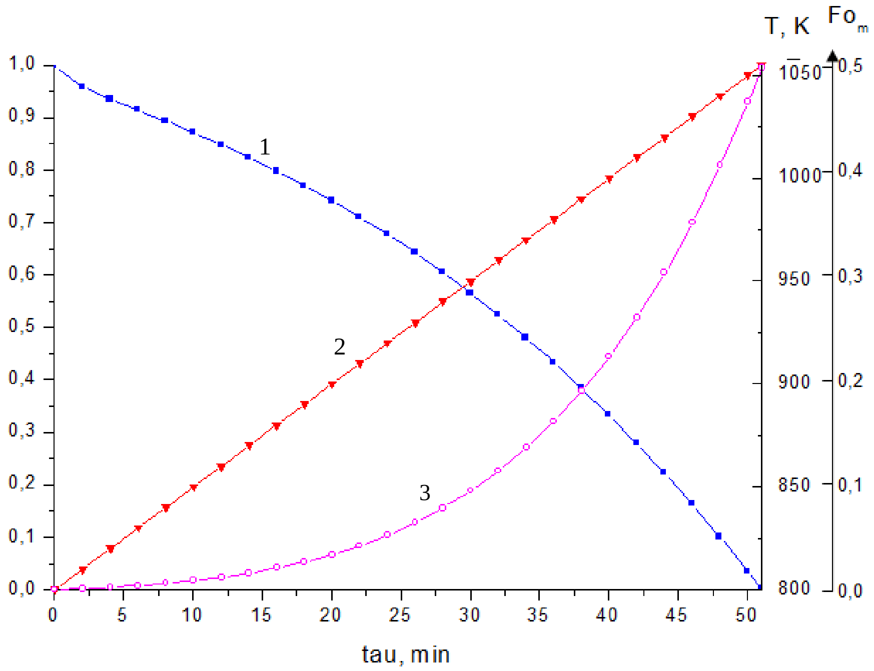
3-сурет. Жазық керамикалық үлгідегі диффузиялық дегидратация үдерістерінің кинетикалық қисықтары $d = 2r = 4см; \ \vartheta = 7К / мин.$

1-3 қисықтардың сипаты (белгілері) 1-2- суреттердегідей



4-сурет. Жазық керамикалық үлгідегі диффузиялық дегидратация үдерістерінің кинетикалық қисықтары. $d = 2r = 2см; \ \vartheta = 5К / мин.$

1-3 қисықтардың сипаты (белгілері) 1-3- суреттердегідей



5-сурет. Жазық керамикалық үлгідегі диффузиялық дегидратация үдерістерінің кинетикалық қисықтары $d = 2r = 6см; \ \vartheta = 5К / мин.$

1-3 қисықтардың сипаты (белгілері) 1-4- суреттердегідей

Алынған кинетикалық қисықтарын сапалық тұрғыдан салыстырып қарасақ олардың арасындағы ұқсастықты байқауға болады. Бұл олардың бір ортақ заңдылықпен сипатталып жоғарыда айтылған зоналық механизммен өтетіндігін көрсетеді.

Алынған нәтижелердегі (1-5 суреттер) байқалатын сандық айырмашылықтарды былай түсіндіруге болады. 1-3 суреттерде үлгілердің күйдіру барысында қыздыру жылдамдығының жоғарылауына байланысты диффузиялық коэффициенттің мәнінің де тез артуына орай үдерістердің қарқынды түрде жүріп тез аяқталуымен түсіндіріледі. Ал 2,4 және 5-суреттердегі кинетикалық қисықтардағы байқалатын айырмашылықтарды үлгі қалыңдықтарының артуына байланысты оған сәйкес диффузиялық үдерістердің жүру ұзақтығының да өсе беретіндігімен түсіндіруге болады.

Есептеу тәжірибелерін жүргізу арқылы алынған нәтижелердің ғылыми-технологиялық мәнін атап өтуге болады. Сонымен алынған зерттеу нәтижелері табиғи монотермитті лай шикізаттардан жасалатын керамикалық бұйымдардың қыздыру режимдерін ғылыми тұрғыдан негіздеу үшін іс жүзінде қолданыс таба алды.

1. Хамраев Ш.И., М.Қ. Құлбекұлы, Б.Ерженбек, Е.А.Оспанбеков, Ғ.Шуленбаева Қылтүтіктіқуысты жазық жұқа үлгілердегі диффузиялық сипаттағы дегидратациялық үдерістердің кинетикасын сандық тұрғыдан зерттеу. //VII Халықаралық ғылыми-әдістемелік конференция материалдары.
2. Кулбеков М.К. Изучение кинетики некоторых физико-химических процессов при обжиге топливо содержащих керамических материалов. ЖПХ-Т.63-№6-1990.-С.1355-1360.
3. Кулбеков М.К. К теории диффузионной кинетики паралельных твердофазных процессов при обжиге топливосодержащей керамика.- ЖПХ.-1992.-Т.65.-№12.-С.2689-2694.

4. Кулбеков М.К Моделирование и исследование диффузионной кинетики горения углерода при обжиге топливосодержащей керамики в промышленных условиях. // Журнал прикладной химии.1992.т.65, №1. (с.126-130).
5. Құлбекұлы М. Физика –химиялық түрленулер барысындағы гетерогенді құбылыстарда орын алатын кейбір термодинамикалық процестерді талдау. – Вестник КазНПУ им. Абая, серия «Физико-математические науки».-2009.-№1(25).-С.110-114.

Аннотация. *В научной статье приведены результаты исследования диффузионных физико-химических процессов при нагреве керамических образцов – пластин. Неизотермические диффузионные процессы в образцах –пластинах различного размера изучались при трех разных скоростях нагрева. В качестве объекта исследования были использованы образцы- пластины, изготовленные пластическим методом формования из природного сырья – глины. Диффузионные процессы, протекающие в этих образцах, связанные с удалением кристаллически связанной воды (дегидратация) изучались путем проведения вычислительных экспериментов. Полученные компьютерные вычислительные данные представлены в виде графиков и дан анализ их научного описания.*
Ключевые слова: *капилярнопористый, пластина, диффузия, процесс, монотермит, кинетика, не изотермический.*

Abstract. *The results of research of diffusive physical and chemical processes when heating ceramic samples – plates are given in the scientific article. Not isothermal diffusive processes in samples – plates of various size were studied at three different speeds of heating. As object of research samples - the plates made by a plastic method of formation of natural raw materials – clay were used. The diffusive processes proceeding in these samples, connected with removal of crystal connected water (dehydration) were studied by carrying out computing experiments. The obtained computer computing data are presented in the form of schedules and the analysis of their scientific description is given.*
Keywords: *capillaryporous, plate, diffusion, process, monotermite, kinetics, not isothermal.*

ӘОЖ 536.24:66.015.23
М.Қ. Құлбекұлы, Е.А. Оспанбеков, Б. Ерженбек, Д.М. Кулбеков

КЕРАМИКАЛЫҚ ЦИЛИНДІРЛІК ҮЛГІЛЕРДЕГІ ДЕГИДРАТАЦИЯЛЫҚ ҮДЕРІСТЕРДІҢ ИЗОТЕРМИЯЛЫҚ ЕМЕС ЖАҒДАЙЛАРДАҒЫ ДИФФУЗИЯЛЫҚ КИНЕТИКАСЫ

(Алматы қ., Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті)

Аңдатпа. *Мақалада керамикалық үлгілердегі кристалдық байланыстағы судың ыдырап шығуына (дегидрация) байланысты жүретін диффузиялық үдерістер кинетикасын зерттеу нәтижелері келтірілген. Изотермиялық емес диффузиялық үдерістер диаметрлері әртүрлі цилиндрлік үлгілерді түрлі жылдамдықпен қыздыру жағдайларында қарастырылған. Зерттеу нысаны ретінде табиғи лай шикізатын пластикалық тәсілмен дайындалған шексіз цилиндр пішіндес үлгілер алынған. Осындай үлгілерді қыздыру барысындағы диффузиялық сипаттағы дегидратациялық үдерістер кинетикасы есептеу тәжірибелерін жүргізу арқылы зерттелген. Алынған сандық нәтижелер графиктер түрінде беріліп, олардың сипаттамалары салыстырыла отырып талданған.*
Түйін сөздер: *қылтүтіктіқуысты, цилиндр, диффузия, үдеріс, монотермит, кинетика, изотермиялық емес.*

Мақалада қылтүтіктіқуысты цилиндрлік үлгілердегі диффузиялық физика-химиялық үдерістердің кинетикасын изотермиялық емес жағдайда есептеу тәжірибелерін жүргізу арқылы зерттеу нәтижелері келтірілген.

Диффузиялық сипаттағы физика-химиялық үдерістердің кинетикасынын зерттеу нысаны ретінде табиғи монотермитті лай шикізатынан дайындалған, цилиндр пішіндегі үлгілер алынды.

Цилиндр үшін диффузиялық сипатта өтетін дегидратациялық үдерістердің изотермиялық емес жағдайлар үшін математикалық моделі ретінде мынадай кинетикалық теңдеуді алуға болады [1-4]:

$$\frac{1}{4}\left[U\ln U+(1-U)\right]=\frac{D_{эф}\tau}{R^2} \tag{1}$$

мұндағы, $D_{эф}$ -эффективті диффузиялық коэффициент; τ- уақыт; U- байланыстағы заттың (біздің жағдайымызда судың) салыстырмалы массасы; R- анықтаушы өлшем, цилиндр үшін оның диаметрінің жартысы.

Бұл теңдеудің оң жағындағы өрнек массатасымалдау үшін Фурье критериі (Fo_m) болып табылады.

$$Fo_m=\frac{D_{эф}\cdot\tau}{R^2\cdot} \tag{2}$$

Сонда (2) теңдеуді мынадай критериалді түрде жазуға болады:

$$\frac{1}{4}\left[U\ln U+(1-U)\right]=Fo_m \tag{3}$$

Қарастырылып отырған цилиндрлік үлгілердегі диффузиялық үдерістердің жүру ұзақтығына (аяқталуына), яғни U=0 жағдайына $Fo_m=\frac{1}{4}$ мәні сәйкес келеді.

Изотермиялық емес жағдайдың ерекшелігі бұл үдерістер кезінде эффективті диффузиялық коэффициенттің температураға тәуелді өзгеретіндігінде. Бұл коэффициенттің температураға тәуелділігін мынадай белгілі өрнекпен сипаттауға болады:

$$D_{эф}=D_0*e^{-E/R_гT} \tag{4}$$

мұндағы, D_0-берілген үдеріс үшін тұрақты шама; Е-активациялық энергия; $R_г$-газ тұрақтысы; Т-температура. Зерттелетін монотермитті лай үлгісі үшін тәжірибе жүзінде келесі шамалар анықталынып алынды: $D_0=2.51\cdot10^3 см^2/мин$; Е=90000 Дж/моль.

Осы айтқандарды ескере отырып, (1) теңдеуден изотермиялық емес диффузиялық үдерістердің кинетикасын жуықтап сипаттауға мүмкіндік беретін мынадай кинетикалық теңдеу алуға болады:

$$\frac{1}{4}\left[U\ln U+(1-U)\right]=\frac{D_0*e^{-E/R_гT}\tau}{R^2} \tag{5}$$

Цилиндр пішіндес керамикалық үлгілер сызықты заңдылықпен қыздырылады:

$$T=\upsilon_T\tau+T_б, \tag{6}$$

мұндағы υ_T – тұрақты қыздыру жылдамдығы, $T_б$ -бастапқы температура.

Осы айтқандарды ескере (5) теңдеуді былай жазуға болады:

$$\frac{1}{4}\left[U\ln U+(1-U)\right]=\frac{D_0*e^{-E/R_г(\upsilon_T\tau+T_б)}\tau}{R^2} \tag{7}$$

Сонымен, жоғарыда келтірілген (7) теңдеуді алгоритм ретінде қолданып, дегидратациялық массатасымалдау үдерістерінің кинетикасы Origin тілінде бағдарламалар құрылып, есептеу тәжірибелерін жүргізу арқылы жан-жақты зерттелді.

Компьютерлік есептеу тәжірибелері мынадай нақтылық шарттар жағдайында жүргізілді.

Физикалық шарттар тобы. Зерттеу нысаны ретінде табиғи монотермитті лай шикізатынан пластикалық жолмен қалыптау арқылы дайындалған, цилиндрлік пішіндегі үлгілер алынды. Бұл үлгілерде жүретін диффузиялық дегидратациялық үдерістер үш түрлі жылдамдықпен ($\nu_1 = 3K/мин$, $\nu_2 = 5K/мин$, $\nu_3 = 7K/мин$) қыздыру жағдайында зерттелді.

Қыздыру барысындағы эффективті диффузиялық коэффициенттің мәні (3) өрнекпен есептеліп отырды.

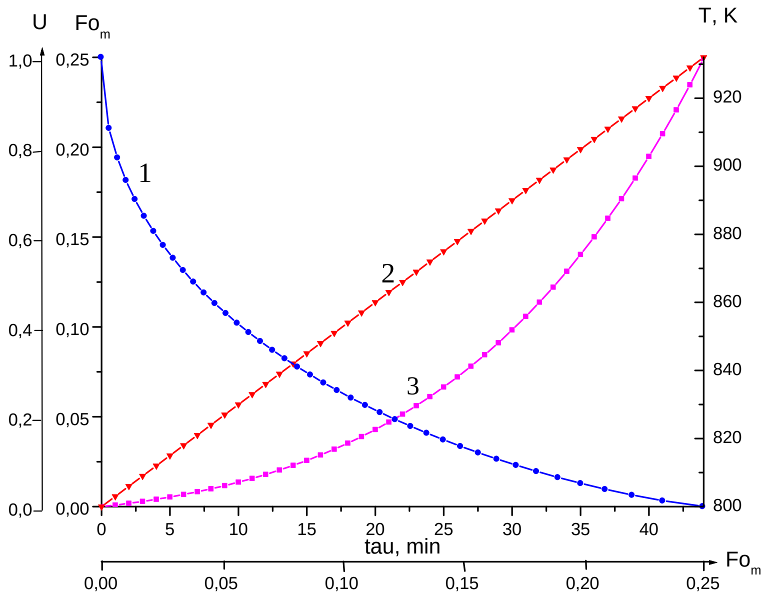
Геометриялық шарттар тобы. Зерттелген табиғи монотермитті лай шикізатынан жасалған цилиндр пішіндес үлгілер мынандай диаметрлерде:

$d_1 = 2r_1 = 2см$, $d_2 = 2r_2 = 4см$, $d_3 = 2r_3 = 6см$ алынды.

Шеттік шарттар тобы. Бастапқы шарт бойынша (τ=0) үлгі қабаттарындағы заттың салыстырмалы массасының мәндері бірдей болды: U(0,x)=1=const. Дегидратациялық массатасымалдау үдерісі бірінші текті шекаралық шарт жағдайында қарастырылды. Зерттеу барысында массатасымалдаудың бірөлшемді симметриялы есебі қарастырылды. Диффузиялық массатасымалдаудың үдерісі бірінші текті шекаралық шарт жағдайында қарастырылды. Үдеріс басталған сәттен-ақ өте аз уақыт шамасында үлгі бетіндегі байланыстағы заттың салыстырмалы массасының мәні U=0 болып, тұрақты қалады.

Монотермитті цилиндрлік пішіндегі үлгілердегі диффузиялық үдерістер кинетикасы 800 К температурадан бастап қыздыру жағдайында, есептеу тәжірибелерін жүргізу арқылы зерттелді.

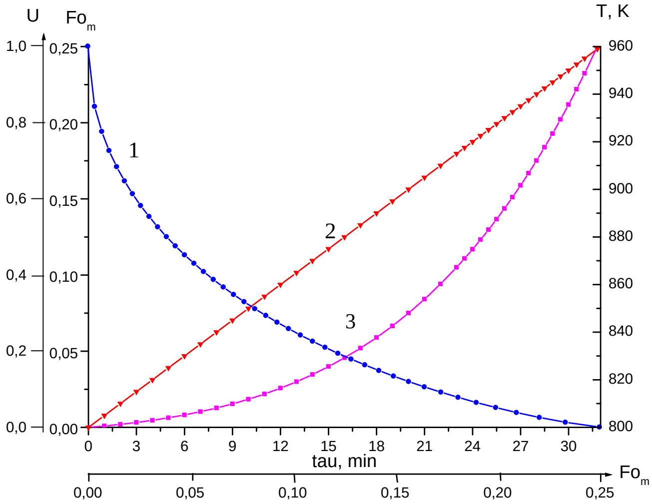
Есептеу тәжірибелерінің мысалы ретінде кейбір нәтижелер 1-5 суреттерде келтірілген.



1-сурет. Цилиндрлік керамикалық үлгілердегі изотермиялық емес жағдайдағы дегидратация кезіндегі диффузиялық үдерістердің кинетикалық қисықтары.

Температуралар аралығы: 800-930 К; $d = 2r = 4см$; $\vartheta = 3K/мин$;

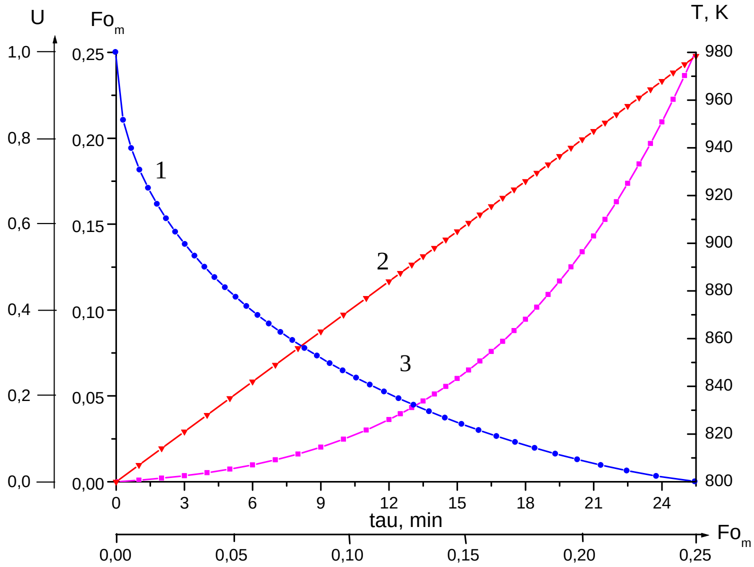
1 – қисық: $U = f(Fo_m)$; 2 –қисық: $T = f(\tau)$; 3-қисық: $Fo_m = f(\tau)$.



2- сурет. Цилиндрлік керамикалық үлгілердегі изотермиялық емес жағдайдағы дегидратация кезіндегі диффузиялық үдерістердің кинетикалық қисықтары.

Температуралар аралығы: 800-960 К; $d = 2r = 4см$; $\vartheta = 5К/мин$;

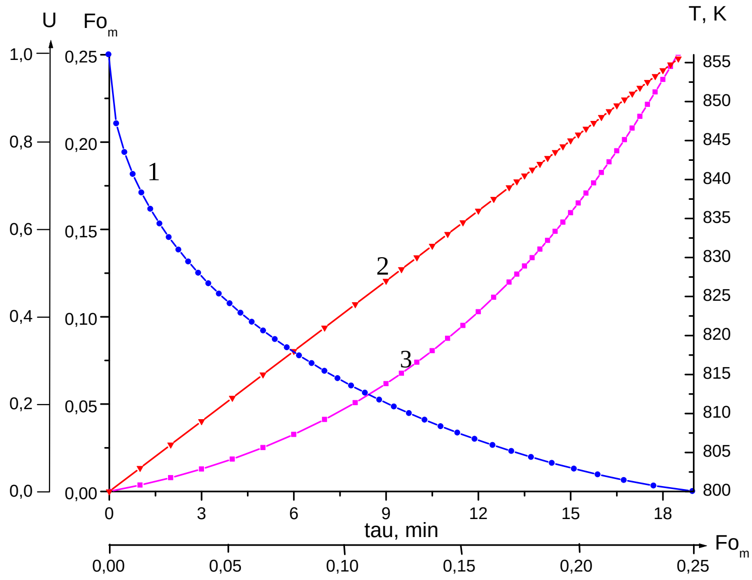
1-3 қисықтардың сипаты (белгілері) 1- суреттегідей



3-сурет. Цилиндрлік керамикалық үлгілердегі изотермиялық емес жағдайдағы дегидратация кезіндегі диффузиялық үдерістердің кинетикалық қисықтары.

Температуралар аралығы: 800-980 К; $d = 2r = 4см$; $\vartheta = 7К/мин$;

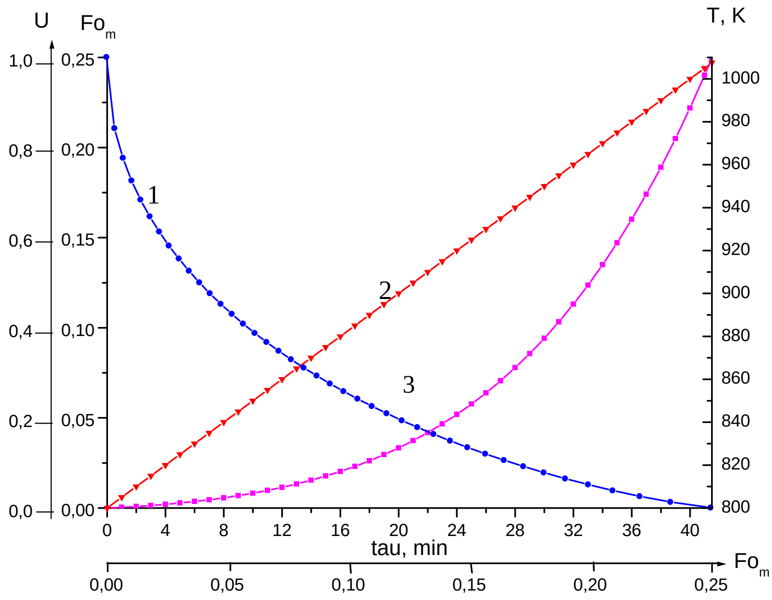
1-3 қисықтардың сипаты (белгілері) 1-2- суреттердегідей



4 – сурет. Цилиндрлік керамикалық үлгілердегі изотермиялық емес жағдайдағы дегидратация кезіндегі диффузиялық үдерістердің кинетикалық қисықтары.

Температуралар аралығы: 800-855 К; $d = 2r = 2 см$; $\vartheta = 5 К / мин$;

1-3 қисықтардың сипаты (белгілері) 1-3- суреттердегідей



5 – сурет. Цилиндрлік керамикалық үлгілердегі изотермиялық емес жағдайдағы дегидратация кезіндегі диффузиялық үдерістердің кинетикалық қисықтары

Температуралар аралығы: 800-1010 К; $d = 2r = 6 см$; $\vartheta = 5 К / мин$;

1-3 қисықтардың сипаты (белгілері) 1- 4суреттердегідей

Алынған нәтижелердегі 1-5 суреттер байқалатын сандық айырмашылықтарды былай түсіндіруге болады. 1-3 суреттерде үлгілердің күйдіру барысында қыздыру жылдамдығының жоғарылауына байланысты диффузиялық коэффициенттің мәні артуына орай үдерістердің қарқынды түрде жүріп тез аяқталуымен түсіндіріледі. Ал 2,4 және 5-суреттердегі кинетикалық қисықтардағы байқалатын айырмашылықтарды үлгі диаметрлерінің артуына байланысты оған сәйкес диффузиялық үдерістердің жүру ұзақтығының да өсе беретіндігімен түсіндіруге болады. Алынған кинетикалық қисықтарын сапалық тұрғыдан салыстырып қарасақ олардың арасындағы ұқсастықты байқауға болады. Бұл олардың бір ортақ заңдылықпен сипатталып жоғарыда айтылған зоналық механизммен өтетіндігін көрсетеді.

Есептеу тәжірибелерін жүргізу барысында алынған кинетикалық нәтижелер қарастырылған керамикалық материалдардың тиімді күйдіру режимдерін ғылыми тұрғыдан негіздеу мақсатында қолданыс таба алады.

1. Кулбеков М.К. Изучение кинетики некоторых физико-химических процессов при обжиге топливо содержащих керамических материалов. ЖПХ-Т.63-№6-1990.-С.1355-1360.
2. Кулбеков М.К. К теории диффузионной кинетики паралельных твердофазных процессов при обжиге топливосодержащей керамика.- ЖПХ.-1992.-Т.65.-№12.-С.2689-2694.
3. Кулбеков М.К Моделирование и исследование диффузионной кинетики горения углерода при обжиге топливосодержащей керамики в промышленных условиях. // Журнал прикладной химии.1992.т.65, №1. (с.126-130).
4. Құлбекұлы М. Физика –химиялық түрленулер барысындағы гетерогенді құбылыстарда орын алатын кейбір термодинамикалық процестерді талдау. – Вестник КазНПУ им. Абая, серия «Физико-математические науки».-2009.-№1(25).-С.110-114.

Аннотация. *В статье приведены результаты исследования кинетики диффузионных процессов, связанных с дегидратацией в керамических образцах-цилиндрах. Неизотермические диффузионные процессы в образцах-цилиндрах различного диаметра изучались при разных скоростях нагрева. В качестве объекта исследования были использованы образцы- цилиндры, изготовленные методом пластического формования из природного сырья – глины. Диффузионные процессы, протекающие в этих образцах, связанные с их дегидратацией изучались путем проведения вычислительных экспериментов. Полученные компьютерные вычислительные данные представлены в виде графиков и дан сравнительный анализ их научного описания.*

Ключевые слова: *капилярнопористый, цилиндр, диффузия, процесс, монотермит, кинетика, не изотермический.*

Abstract. *The results of research of kinetics of the diffusive processes connected with dehydration in ceramic samples cylinders are given in article. Not isothermal diffusive processes in samples cylinders of various diameter were studied at different speeds of heating. As object of research samples - the cylinders manufactured by method of plastic formation of natural raw materials – clay were used. The diffusive processes proceeding in these samples, connected with their dehydration were studied by carrying out computing experiments. The obtained computer computing data are presented in the form of schedules and the comparative analysis of their scientific description is given.*

Keywords: *capillaryporous, cylinder, diffusion, process, monotermite, kinetics, not isothermal.*

УДК 378.147.88; 378.4

М.С. Молдабекова, А.А. Акжолова

РАЗВИТИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ФИЗИКЕ ПРИ РЕШЕНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАДАЧ

(г. Алматы, Казахский национальный педагогический университет им. Абая)

Аннотация. *В статье описываются некоторые аспекты развития у обучающегося предметной исследовательской компетентности. Исследовательская компетентность при обучении в вузе рассматривается, как сложный многоуровневый динамичный процесс. Использована методология решения проблем, включающая следующие действия: планируйте (Plan), делайте (Do), проверяйте (Check), действуйте (Act.). Приводится аналитическое решение профессиональных задач на примере применения функции распределения к физическому описанию неравновесных систем. В результате формируются компетенции, развивающие способности к обобщению и анализу рассматриваемых физических закономерностей.*

Ключевые слова: *физика, обучающийся, образование, компетенция, исследовательская компетентность, неравновесная, термодинамика, формирование, знание, профессиональный.*

С переходом на кредитную технологию обучения вузом самостоятельно разрабатываются различные образовательные программы в соответствии с Национальной рамкой квалификации, профессиональными стандартами и согласованные с Дублинскими дескрипторами и Европейской рамкой квалификации. Согласно этой технологии описание уровня и объема знаний, умений, навыков и компетенций, приобретенных обучающимися по завершении образовательной программы каждого уровня (ступени) высшего и послевузовского образования, базируются на результатах обучения, сформированных компетенциях [1]. Поэтому возникли изменения в направлении принципов формирования содержания высшего и послевузовского образования. Цели обучения стали формироваться в логике компетентностного подхода, введенного в теорию и практику профессионального образования. Компетентностный подход к обучению становится одним из ведущих направлений в мировой образовательной практике. Этот подход рассматривается как одно из важных концептуальных положений образовательной системы. Решение данного вопроса предполагает анализ, с одной стороны, фундаментальности подготовки обучающихся, которая обеспечивает повышение уровня профессиональной компетентности, умения творчески мыслить и адаптацию к новым ситуациям; с другой стороны, объективно существующих, но по-разному проявляющихся у каждого обучаемого потребностей, интересов, индивидуальных особенностей и психологических возможностей. Следовательно, дальнейшая направленность на опережающий характер фундаментальной университетской подготовки специалистов на основе компетентностного подхода, с учетом теоретического и практического опыта и прогрессивных тенденций социально-экономического развития с использованием новых информационных и коммуникационных технологий обучения, обеспечивающие активизацию творческой деятельности, становится актуальной.

Необходимым элементом профессиональной компетентности является исследовательская компетентность. Отметим, что под компетентностью понимается совокупность необходимых знаний и качеств личности, позволяющих профессионально подходить и эффективно решать вопросы в соответствующей области знаний, научной или практической деятельности [2, 3].

В общем случае исследовательскую компетентность мы рассматриваем как интегральную характеристику личностных и профессионально значимых качеств специалиста, предполагающую обладание системой научных знаний, средствами и методами научного исследования, а также определенной системой ценностных ориентаций и целевых установок, специфических для науки.

Исходя из того, что формирование исследовательской компетентности при обучении в вузе сложный многоуровневый динамичный процесс, протекающий поэтапно, необходимо рассматривать различные её аспекты, которые должны изучаться взаимосвязано на всех уровнях подготовки специалиста. Согласно содержанию образовательной программы магистратуры формирование исследовательской компетентности должно строиться на основе профессиональных знаний, умений, навыков и отношений к педагогическому труду в процессе усвоения фундаментальных предметных знаний, выделяющих те способы и приемы их исполнения и применения, от которых в наибольшей степени зависит успешность обучения предмету специальности. Наличие фундаментальных профессиональных знаний по предмету специальности и умение использования этих знаний для решения практических задач составляет основу предметной компетентности в системе профессиональных компетенций будущего специалиста.

Заметим здесь, что основной концептуальной идеей обучения физике в условиях реализации компетентностной модели образования является акцент на элементах содержания данного предмета, в нашем случае физики, которые определяют его фундаментальность [3].

Профессиональные знания включают знание основных положений предмета, его методологические и мировоззренческие аспекты. При формировании профессиональных знаний будущего специалиста особую роль играют экспериментальные, теоретические и современные компьютерные методы исследований в области предмета и технологические операции, способы и приемы их исполнения, которые должны осваиваться обучающимися и от которых в наибольшей степени зависит успешность выполнения будущей профессиональной деятельности.

Профессиональная учебная программа послевузовского образования направлена на подготовку научных и педагогических кадров, а также управленческих кадров для системы высшего, послевузовского образования и научной сферы, обладающих углубленной научно-педагогической подготовкой. Очевидно, что содержание профилирующих дисциплин программы должно ориентироваться на повышение уровня общей личностной культуры, профессиональной компетентности и готовности обучающегося к научно-исследовательской деятельности в области или физики, или теории и методики обучения физике, в том числе и к научно-педагогической деятельности в средних общеобразовательных и высших учебных заведениях.

Имея в виду вышесказанное, обсудим некоторые аспекты методики формирования у обучающегося предметной исследовательской компетенции на примере изучения отдельных вопросов профилирующих дисциплин. Изучение профилирующих дисциплин осуществляется на основании уже приобретенных обучающимися с предыдущих этапов фундаментальных знаний, умений и на основе личностного интереса в избранной специальности. Таким образом, профилирующие дисциплины имеют специфические особенности, отражающиеся в программе построения их изучения: в методах, реализуемых в научном исследовании; в глубине, детальности и широте рассмотрения разных характеристик специальности, а также и в форме представления теоретического материала.

Следует отметить, профессиональная подготовка будущего магистра педагогических наук предполагает раскрытия всего многообразия взаимоотношений с предметами, средствами, с учащимися, с целым рядом специфических и неспецифических явлений, сопровождающих педагогический процесс, и связанных с решением отдельных педагогических задач, организационно привязанных к конкретной форме работы. Это возможно, если совместное рассмотрение предметной и функциональной структур исполнительной профессиональной деятельности проводится посредством определения характера взаимосвязи между профессиональной задачей и представлением человека о процессе и результате её решения. Следует заметить, что «профессиональной задачей» называют и ближайшую цель, и проблемную ситуацию, и даже отдельный этап какой-либо деятельности [4]. Каждый вид профессиональных задач требует своей деятельности, которая опирается на конечное число фундаментальных положений данной отрасли научных знаний. В разных видах деятельности знания могут занимать разное место, иметь разные функции и, соответственно, в профессиональной задаче субъективно будут представлены не только цели, но и те обстоятельства или условия, в которых она достигается или может быть достигнута. На основе профессиональных задач можно разработать структуру профессиональных компетентностей будущих специалистов.

Фундаментальные вопросы, рассматриваемые в отдельных профилирующих дисциплинах, например, как микроскопическая теория процессов в неравновесных средах, развивает интерес к научному поиску и способствует формированию исследовательской компетентности, поддерживающий профессиональные качества на конкурентоспособном уровне. Микроскопическая теория процессов или физическая кинетика методами квантовой или классической статистической физики изучает процессы переноса энергии, импульса, вещества и заряда в различных физических системах (газах, жидкостях, твердых телах, плазме) и влияние на них внешних полей. В отличие от термодинамики необратимых неравновесных процессов и электродинамики сплошных сред физическая кинетика исходит из представления о молекулярном строении рассматриваемых сред. Кинетические свойства тесно связаны с характером микроскопических взаимодействий в рассматриваемой среде. Отсюда – огромное разнообразие этих кинетических свойств и значительно большая сложность их теорий. В связи с этим становится менее однозначным и вопрос об отборе материала, который должен быть включен для изучения магистрантами.

При отборе материала для данной дисциплины, естественно, мы ограничиваемся лишь наиболее общими вопросами, показывающими основные кинетические явления и методы их рассмотрения. Эффективность формирования исследовательских компетенций определяется не только формой представления содержания профессиональных задач, но и методами их проведения. Естественно методы решения профессиональных задач при проведении профилирующих дисциплин имеют отличия от занятий на младших курсах по общим дисциплинам. На лекционных и практических занятиях существенное внимание уделяется умению анализа и использованию фундаментальных положений теории для описания и прогнозирования различных физических явлений.

За развитием исследовательской компетентности обучающихся при изучении методов неравновесных процессов можно проследить при анализе свойств газов. При этом можно использовать методологию решения проблем, включающей в себя четыре фазы и предусматривающей выполнение следующих действий.

Планируйте (Plan): сформулируйте постановку вопроса, определите теоретические положения конкретного вопроса и основные физические законы по теме задания, проведите поиск недостающих данных, приведите схематический рисунок и преобразование формул, направленных на решение проблемы. *Делайте (Do), выполняйте запланированное*: определите имеющуюся на начало рассмотрения проблемы фактическую ситуацию и идентифицируйте всевозможные причины проблемы, для правильного и успешного ее разрешения используйте научную информацию. *Проверяйте (Check):* оцените результаты осуществления запланированного с помощью показателей (индикаторов) и критериев выполнения процесса. Наш опыт преподавания показывает, что такой анализ условия и этапов решения проблемных вопросов требует и формирует все ценные качества умственной деятельности, гибкости и самостоятельности мышления обучающихся. Он также развивает мыслительные операции (сравнение, аналогия, абстрагирование, моделирование, обобщение и т.д.), так как в обсуждение вовлекаются методы научных исследований, тем самым, несомненно, формируется исследовательские компетенции магистрантов. *Действуйте (Act):* определяются результаты обучения, как на уровне задания, так и на уровне рассматриваемой теории реализацией решения проблемы и его аналитическим представлением.

Например, сформулируем постановку вопроса, как физическое описание неравновесных систем. Определяем теоретическое положение вопроса в классической кинетике, где изучение неравновесных процессов существенно зависит от того, является ли газ плотным или разреженным, состоит ли из нейтральных частиц. Ограничимся газами, состоящими из нейтральных молекул. На следующем этапе показываем, что динамическое состояние системы частиц совершенно точно определяется значениями полного набора координат и импульсов всех частиц. Законы классической механики позволяет по известному динамическому состоянию системы в начальный момент времени точно предсказать ее состояние в любой последующий момент времени.

Однако фактически невозможно дать полного описания состояния сложной макроскопической системы. Поэтому мы должны довольствоваться значительно менее полным ее описанием. Проблема предсказания вероятного поведения системы по неполным данным о системе в некоторый определенный момент времени является статистической проблемой. При статистическом описании системы полезно использовать метод описания системы с помощью ансамбля, состоящего из большого числа систем, тождественных изучаемой. Состояния такого ансамбля определяется функцией распределения $f^{N}(r^{N}, p^{N}, t)$, задаваемой в фазовом пространстве отдельной системы. Функция распределения выбирается таким образом, что описание системы с помощью средних по ансамблю величин в точности соответствует неполному макроскопическому описанию состояния системы в некоторый определенный момент времени. При этом принимается, что вероятное поведение системы в последующие моменты времени является средним поведением систем представляющего ансамбля. Ансамбль можно образовать различными способами. Вследствие этого функция распределения определяется неоднозначно.

Необходимо заметить, что знакомство со строгой кинетической теорией одноатомных газов, результатами которой являются формулы для различных коэффициентов переноса, выраженные через интегралы столкновений, которые, в свою очередь, зависят от законов сил межмолекулярного взаимодействия, развивают интерес к приложениям этой теории. Эта теория основывается на интегро-дифференциальном уравнении Больцмана для функции распределения $f(\mathbf{r},\mathbf{v},t)$, которое учитывает только парные столкновения молекул и предполагается, что размеры молекул малы по сравнению со средним расстоянием между молекулами. Так как результаты этой теории неприложимы к плотным газам и жидкостям, мы рассматриваем некоторые подходы к изучению явлений переноса в плотных средах. Также рассматривается возможность установления связи между зависимостью коэффициентов переноса от температуры и зависимостью от давления с помощью закона соответственных состояний в его различных формах.

Мы рассматриваем функцию распределения $f^{(1)}(\mathbf{r},\mathbf{v},t)$ в первом приближении, которая дает вероятность обнаружения отдельной молекулы с данными значениями координат и импульса. Координаты и импульсы других (N-1) молекул остаются неопределенными. Очевидно, что $f^{(1)}(\mathbf{r},\mathbf{v},t)$ достаточна для описания свойств газа, она не зависит от относительного положения двух или большего числа молекул. Это значит, что объем сведений о системе, предоставленных нам функцией $f^{(1)}$, достаточен для изучения поведения умеренно разреженных газов. Таким образом, оценены результаты применения функции распределения к физическому описанию неравновесных систем.

Необходимо отметить, что строгая кинетическая теория, основанная на функции распределения, позволяет выразить все коэффициенты переноса через систему интегралов столкновений. Эти интегралы включают достаточно подробно всю динамику столкновения молекулы, и, следовательно, закон действия межмолекулярных сил. Методы вычисления кинетических коэффициентов на основе потенциалов межмолекулярного взаимодействия и, наоборот, вопросы построения модели межмолекулярного взаимодействия на основе экспериментальных данных о кинетических коэффициентах и примеры расчетов практических задач способствует развитию исследовательских умений и приобретению практических навыков применения аппарата теории для описания различных необратимых неравновесных процессов.

Таким образом, происходит развитие исследовательской компетентности обучающихся при решении профессиональных задач, а также определенная система ценностных ориентаций и целевых установок, специфических для физической науки с учетом требований работодателей и социального запроса общества.

1. Татур Ю.Г. Компетентность в структуре модели качества подготовки специалиста // Высшее образование сегодня. – 2004. – №3. – С. 20-26.
2. Хуторской А. Ключевые компетенции как компонент личностно-ориентированной парадигмы образования // Народное образование. – 2003. – №2. – С. 58-64.
3. Молдабекова М.С. Стандарты в образовании: концептуальные, теоретические и методологические аспекты //Образовательные программы специальностей высшего профессионального образования: структура, содержание, качество/ Под ред. Т.А.Кожамкулова, Г.К.Ахметовой.-Алматы: Қазақ университеті, 2006. - С. 26-31.
4. Якунин В.А. Педагогическая психология. – СПб.: Изд-во Полиус, 1998.-630 с.

Аңдатпа. *Мақалада білімгердің пәндік зерттеушілік құзіреттілігінің дамуының кейбір аспектілері сипатталады. ЖОО-да оқыту барысында зерттеушілік құзіреттілік күрделі көпдеңгейлі динамикалық процесс деп қарастырылады. Жоспарлау (Plan), орындау (Do), тексеру (Check), әрекеттеу (Act.) әрекеттерінен тұратын мәселелер шешу әдіснамасы қолданылған. Кәсіби есептердің аналитикалық шешімі тепе-теңдіксіз жүйелердің физикалық сипаттауын үлестіру функциясын қолдану арқылы келтіріледі. Физикалық заңдылықтарды жалпылау мен талдау қабілетін дамытатын құзырлар осының нәтижесінде қалыптасады.*

Түйін сөздер: *физика, білімгер, білім беру, құзырлық, зерттеу құзіреттілігі, тепе-теңдіксіз, қалыптастыру, білім, кәсіптік.*

Abstract. *This article describes some aspects of the development of the student as subject of research competence. Research competence in teaching at the University is considered as a complex multi-level dynamic process. Used the problem solving methodology, comprising the following steps: plan, do, check, act. Analytical solution of professional tasks example of the use of distribution functions to the physical description of nonequilibrium systems. The result is competence, developmental abilities in the summarization and analysis of the physical laws.*

Keywords: *physic, forming, student, education, competence, research competence, non-equilibrium, knowledge, professionally.*

УДК 539.172.15.

А.К. Морзабаев [1,2], Б. Мауей [1,2], А.С. Аймаганбетов [1,2], М. Насурлла [2]

РАЗРАБОТКА ГАЗОНАПОЛНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ НА УСКОРИТЕЛЕ ДЦ-60

([1]Евразийский национальный университет, г. Астана, [2]Институт ядерной физики, г. Алматы)

Аннотация. *Разработана и создана специальная газонаполнительная система для обеспечения постоянства давления газов в камере регистрации ионизирующих излучений. Система обеспечивает одновременное наполнение или откачку и контроль давления в измерительной камере. Постоянная прокачка газов в ионизационной камере осуществляется при давлениях от десятых долей до одной атмосферы. Точность наполнения камеры и поддержания давления в ней составляет ±5%. Газонаполнительная система позволила обеспечить разделение спектра упругого рассеяния частиц на компоненты с высоким разрешением. Установка успешно прошла испытания и внедрена на ускорителе ионов типа ДЦ-60.*

Ключевые слова: *ионизирующее излучение, заряженные частицы, измерительная камера, наполнитель газом, ускоритель*

Исследование упругого рассеяния ускоренных ионов ^{13}C и ^{15}N на ядрах *1p*-оболочки, в том числе и на близких соседних ядрах, при энергиях вблизи кулоновского барьера представляет интерес, как с точки зрения получения достоверных величин параметров потенциалов взаимодействия для ядерных систем CNO цикла, так и спектроскопических характеристик систем $p+A$ или $n+B$, необходимых для корректного расчета астрофизических процессов, протекающих в звездах. Цикл работ по изучению упругого рассеяния легких тяжелых ионов на ядрах *1p*-оболочки при энергиях ниже кулоновского барьера выполнены на ускорителе ДЦ-60 (г. Астана, Казахстан) [1].

Несомненно, комплексный анализ старого массива данных с новыми получаемыми данными позволит в едином подходе корректно провести расчеты энергетического баланса в звездах второго поколения, имеющих как *pp*-, так и *CNO*- циклы.

Предыдущие исследования по упругому рассеянию ионов ^{12}C, ^{16}O на ядрах ^{11}B [2] и ^{12}C, ^{16}O [3] при энергиях вблизи кулоновского барьера, продемонстрировали, что экспериментальные сечения рассеяния обусловлено не только потенциальным рассеянием, но и обменными механизмами, связанными с кластерной структурой данных ядер. При этом исследования по упругому рассеянию тяжелых ионов ^{12}C, ^{13}C, ^{14}N, ^{16}O, ^{20}Ne, ^{32}S на ядрах *1p*-оболочки показали трудности в процессе обработки энергетических спектров для малых и больших углов при регистрации продуктов ядерных реакций одним кремниевым детектором. Данное затруднение возникало по причине близкого энергетического (кинематического) распределения упругорассеянных ядер в области малых и больших углов. На рис. 1 изображен энергетический спектр рассеяния ионов углерода ^{12}C на ядрах ^{16}O, ^{27}Al (алундовая мишень). Вместо двух раздельных пиков рассеяния углерода ^{12}C на ядрах ^{16}O, ^{27}Al, а также пиков ядер отдачи ^{16}O, ^{27}Al, был получен один объединенный пик в результате слияния пиков рассеяния в один общий. Это приводит к большой погрешности при расчете площади гауссового пика, и соответственно конечного дифференциального сечения.

Для совершенствования экспериментальных исследований назрела необходимость разработки методики идентификации пиков упругого рассеяния ускоренных ионов редких изотопов ^{13}C и ^{15}N на соседних ядрах, таких как ^{12}C, ^{14}N и ^{16}O при энергиях вблизи кулоновского барьера. Такое близкое соседство ускоренных ионов и ядра-мишени требует их надежной идентификации по сорту частиц по ΔE-E методике на основе ионизационной камеры в качестве пролетного детектора. Одновременно вопросы надежной идентификации частиц по сорту и измерения энергии рассеянных частиц и ядер отдачи при таких низких энергиях ускоренных частиц ставит на повестку дня проблему разработки специальной газонаполнительной системы для ионизационных камер в качестве ΔE детекторов.

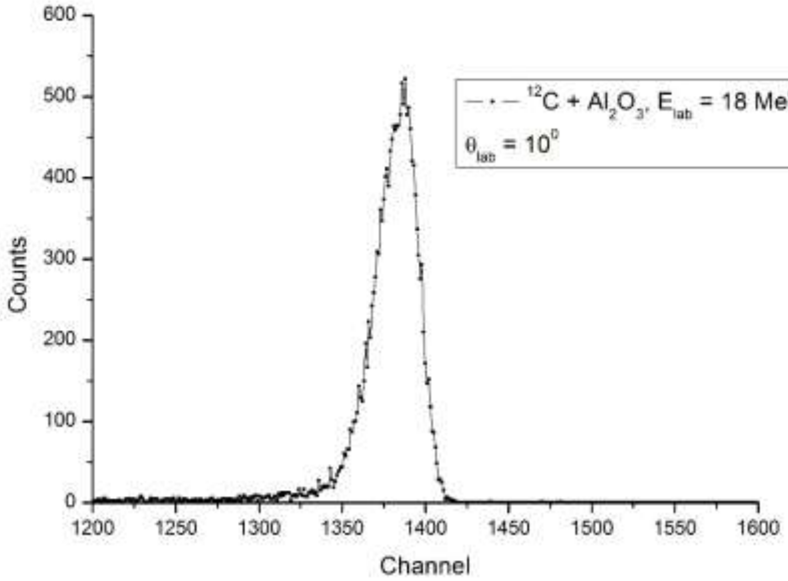


Рис. 1. Упругое рассеяние ионов углерода ^{12}C на ядрах ^{16}O, ^{27}Al
при угле в 10 градусов в лабораторной системе.

Газовые детекторы излучения представляют собой заполненный газом объём для создания в нём соответствующего электрического поля. Газонаполненные ионизационные детекторы (счетчики) благодаря хорошей чувствительности к излучениям разных видов, относительной простоте и дешевизне являются широко распространенными приборами регистрации излучений. Регистрация частиц происходит следующим образом. Частица, попадая внутрь счетчика, вызывает ионизацию газа. Электроны, тяжелые положительные и отрицательные ионы, образованные ионизирующей частицей, ускоренно двигаясь в электрическом поле, испытывают многократные упругие и неупругие столкновения с молекулами газа.

Для корректной работы газовых детекторов была разработана и создана специальная газонаполнительная система, которая обеспечивает одновременное наполнение или откачку ионизационной камеры с реакционной камерой, а также контроль давления и постоянную прокачку газов в ионизационной камере при давлениях от десятки мм ртутного столба до одной атмосферы. Разработанная газонаполнительная система была установлена на металлическом листе толщиной 2 мм. Для удобства управления она была закреплена на специальной стойке в вертикальном положении (рис. 2).

Блок схема системы наполнения и контроля давления газа в камерах приведен на рис. 3. Созданная система может обеспечить поддержание выбранного давления с точностью ±5%.

Рис. 2. Слева - фронтальный вид, справа - вид сзади газонаполнительной системы для регистрации заряженных частиц на ускорителе ДЦ-60..

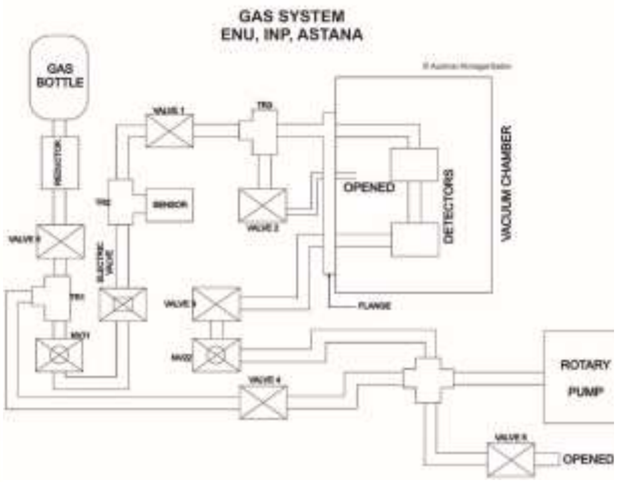


Рис. 3. Блок-схема газонаполнительной системы для регистрации заряженных частиц на ускорителе ДЦ-60

Составными компонентами газонаполнительной системы для регистрации заряженных частиц являются (рис. 3):

- GAS BOTTLE - баллон с пропаном;
- REDUCTOR - редуктор с выходным давлением от 1000 до 2000 мбар;
- VALVE 1, 2, 3, 4, 5 - клапаны с "грубым" напуском газа, регулирующие движение газа в системе;
- NV11, NV22 - клапаны с "плавным" напуском газа, регулирующие. давление до необходимой величины;
- ELECTRIC VALVE - электрический клапан, также показывающий направление течения газ в системе;
- TR1, TR2, TR3 – тройники-переходы, служащие для разветвления системы;
- SENSOR – прибор, необходимый для измерения давления;
- 8) ROTARY PUMP - ротационный насос для поддержания давления;
- VACUUM CHAMBER - вакуумная камера NEC на ускорителе DC-60;
- FLANGE - фланец для входа тефлоновых трубок в вакуумную камеру.

Последовательность работы на газонаполнительной системе заключается в следующем:

1). Откачка вакуумной камеры с детекторами. Клапаны valve 1, 3 - закрываются. Клапан Valve 2 открывается. Затем вакуумная камера и детекторы отсоединяются от газонаполнительной системы. Объем детекторов соединяется с объемом вакуумной камеры через клапан valve 2. Далее идет откачка вакуумной камеры с детекторами.

2). Откачка и старт работы газовой системы. Редуктор (клапан valve 6) закрытый. Клапан valve 5 закрывается. Клапаны NV11 и 22 открываются. Клапан valve 4 открытый. Включаем микроконтроллер CMOVE 1250. Вручную открывают электрический клапан. Подключают ротационный насос к системе. Проверка величины вакуума в микроконтроллере. Когда давление внутри системы будет примерно 0 мбар, закрывают клапан valve 2 и открывают клапаны valves 1 и 3. Объем внутри детекторов теперь присоединен к газонаполнительной системе. Закрывают клапаны NV11 и 22. Открывают клапан NV22 примерно на 10%. Закрывается клапан valve 4. Открываем газовый баллон и устанавливаем давление на редукторе примерно 300-400 мбар (открывая клапан valve 6). Очень осторожно открывается клапан NV11, проверяя при этом давление на микроконтроллере CMOVE 1250. Когда давление установиться до необходимой величины, проверять время от времени давление.

3). Остановка газовой системы и вентиляция (очистка системы от газа) газонаполнительной системы. Закрывается клапан NV11. Закрывается редуктор (точнее клапан valve 6). Закрывается газовый баллон. Открывается очень осторожно клапан NV22, проверяя при этом давление на микроконтроллере CMOVE 1250. Когда давление опуститься примерно до 0, клапаны valves 1 и 3 закрываются и открывается клапан valve 2. Вакуумная камера и детекторы теперь отсоединены от газонаполнительной системы. Затем вентилируют (очищают) вакуумную камеру и детекторы. Открывается клапан valve

4). Открываются клапаны NV11 и 22. Следует подождать несколько минут, далее выключается ротационный насос и открывается клапан valve 5 для вентиляции (очистки) газонаполнительной системы. Выключают микроконтроллер CMOVE 1250.

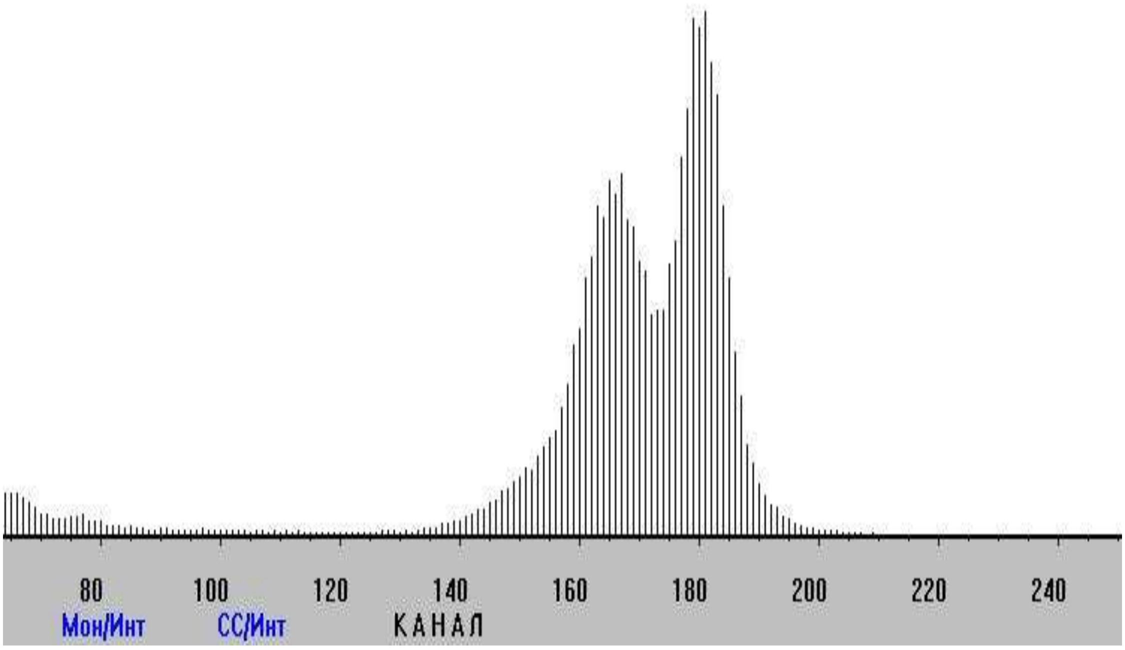


Рис. 4. Спектр, полученный газовым детектором на ускорителе ДЦ-60 по упругому рассеянию ^{12}C на ^{16}O, ^{27}Al при угле в 25 градусов.

Тестовый эксперимент по упругому рассеянию ионов углерода ^{12}C на ядрах ^{16}O, ^{27}Al с использованием новой газонаполнительной систым был выполнен на циклотроне ДЦ-60 РГП ИЯФ. Энергия ускоренных ионов углерода составила 1,75 МэВ/нуклон. В качестве мишени использовалась тонкая алундная пленка Al_2O_3, толщиной 20-40 мкг/см^2.

Регистрация и идентификация рассеянных частиц осуществлялась на основе ΔE-E методики с использованием ионизационной камеры (газовая смесь из 90% Ar и 10% CH_4)

и кремниевого детектора толщиной 100 мкм. Полученные в ходе тестового эксперимента энергетические спектры по упругому рассеянию ионов углерода ^{12}C на ядрах ^{16}O, ^{27}Al показано на рис.4. Как видно из рисунка, наблюдается надежное разделение упругих пиков от ядер кислорода и алюминия

Таким образом, Эксперимент показал, что в дальнейшем новая система регистрации (газонаполнительная) позволит регистрировать заряженные частицы близкие как по массе, так и по заряду. А это в свою очередь обеспечивает получение более качественных и точных результатов при минимальных погрешностях в расчетах.

Работа выполнена в рамках темы «Исследование выходов процессов упругого рассеяния ионов ^{13}C на легких ядрах при энергиях вблизи кулоновского барьера», выполняемой на основании гранта МОН РК.

1.Н. Буртебаев, Ж.К. Керимкулов, Д.К. Алимов, Д.М. Джансейтов, Е.С. Мухамеджанов, Н. Амангелды, А.К. Морзабаев, А.С. Аймаганбетов, Д.Б. Кадыржанов, Н.М. Култазин, Е.Н. Салимов, А.Н. Бахтибаев. Исследование упругого рассеяния ионов азота на ядрах ^{12}C, ^{16}O, ^{27}Al при энергиях вблизи кулоновского барьера // Я34 Ядерный потенциал Республики Казахстан: Сборник докладов / Ассоциация "Ядерное общество Казахстана". - Астана, 2014, С 16-19

2. Hamada Sh., Burtebayev N., Amar A., Amangielgy N. Analysis of elastic scattering of ^{12}C on ^{11}B at energy near Coulomb barrier using different optical codes // World Academy of Science, Engineering and Technology. - 2010, - issue 69, - P. 589-591.

3. Hamada Sh., Burtebayev N., Gridnev K.A., Amangeldi N.Analysis of alpha-cluster transfer in ^{16}O + ^{12}C and ^{12}C + ^{16}O at energies near Coulomb barrier // Nuclear Physics A859. – 2011. – P. 29-38.

Аңдатпа. *Иондаушы сәулелерді тіркеуші камерадағы қысымды орнықты ұстап тұруға арналған газбен жабдықтаушы арнайы жүйедегі қондырғы жасалып, іске қосылды. Қондырғы камераға газды толтырып, оны босатумен қатар,қысымның мөлшерін анықтауға да арналған. Осы процессті қондырғы камерадағы қысымның атмосфералық мөлшерінен оның оннан бір бөлігі аралығында орындай алады. Қондырғының қысымды орнықты ұстау дәлдігі ±5%. Газбен толтырушы жүйе серпімді шашыраған бөлшектердің спектрін құраушыларға жіктеуді жоғары дәлдікпен орындауға мүмкіндік туғызды. Қондырғы иондардың ДЦ-60 үдеткішімен эксперименталдық зерттеу жұмыстарын орындаған кезде сынақтан өткізіліп, пайдалануға берілді.*

Түйін сөздер: *иондаушы сәулелер, зарядталған бөлшектер, өлшеу камерасы, газ толтырғыш, үдеткіш.*

Abstract. *Designed and created a special gas filling system to provide constant pressure in the gas chamber registration of ionizing radiation. The system provides simultaneous filling or pumping and control pressure in the measuring chamber. Permanent pumping gas in the ionization chamber is carried out under pressures from a few tenths to one atmosphere. The accuracy of filling the chamber and maintaining the pressure therein is ± 5%. Gas filling system has to ensure the separation of the spectrum of elastic scattering of particles on components with high resolution. Installation was successfully tested and implemented in the ion accelerator DC-60 type.*

Keywords: *ionizing radiation, charged particles, measuring chamber, the filler gas, the accelerator*

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

УДК 004.75: 519.872

К.А. Айдаров, Г.Т. Балакаева

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ QOS В ВЕБ-СЕРВЕРНЫХ ФЕРМАХ

(г.Алматы, Казахский национальный университет им. аль-Фараби)

Аннотация. *Представленная работа использует методы вероятностного моделирования для обеспечения требовании Quality of Service (QoS, качество обслуживания) с применением различных методов теории массового обслуживания для обеспечения оптимальной производительности в серверных фермах, ориентированных на использование в Интернет. Использована классическая имитационная модель, основанная на очереди пуассоновского процесса, полученные результаты сравнены с результатами, просчитанными с помощью более простых моделей. Построен алгоритм контроля доступа общей очереди представляемой системы массового обслуживания, описана его программная реализация и проведено сравнение производительности предложенного метода с некоторыми более простыми политиками, используемыми на практике.*

Ключевые слова: *QoS в информационных системах, имитационное моделирование, системы с общей очередью, марковские модели*

Введение. Когда надежность серверного центра организации становится чрезвычайно критична не только для процветания, но и для /выживания бизнеса вообще, наступает момент принятия решения об оптимизации серверной инфраструктуры.

В последние годы наблюдается опережающий рост рынка продаж серверов на платформе x86. Набор задач, возлагаемых на серверный центр в организациях, сильно расширился: от служб файлов, печати, корпоративной почты в недавнем прошлом до серверов службы каталогов, систем антивирусной защиты и централизованного распространения обновлений ПО, выдачи цифровых сертификатов, корпоративной информационной системы и серверов терминального доступа.

Расширение и развитие информационной системы предприятия может потребовать создания серверной фермы [1], обеспечивающей распределенное выполнение приложений, применения кластерных решений, вынесения дисковых подсистем из серверов во внешние защищенные стойки и, как вариант, использования терминального доступа. Требования к надежности работы серверов при этом возрастают многократно, объемы инвестиций, необходимых для создания по-настоящему защищенных и надежных решений такого рода – тоже.

В этой работе мы используем статистические методы обеспечения качества обслуживания через техники контроля доступа основанные на теории очередей и формулах вероятностного моделирования [2-5]. Области статистики и информатики в общем следовали различными путями последние несколько десятилетий, каждая область предоставляла полезные услуги другой, но в основном не было глубокой взаимосвязи между основными концепциями данных двух областей науки. В последние годы, тем не менее, это все более становиться очевидным, что долгосрочные перспективы развития данных областей достаточно тесно связаны. Статистические исследования все больше связаны с вычислительными аспектами, как теоретическими, так и прикладными, моделей и процедур вывода. Ученые-информатики все более озабочены системами в которых происходит взаимодействие с внешними миром и велика необходимость интерпретации неопределенных данных в терминах основных вероятностных моделей.

Обычно доступ к веб-сервису происходит в форме сессии содержащей множество отдельных запросов [6]. Количество запросов на сессию может быть значительно. В рассматриваемом эти запросы как очередь атомарных единиц, каждая из которых имеет конечное число, и мы будет называть их "потоками". Каждый запрос в потоке будем называть "пакетом". Предполагается что мы имеем конечное число M таких потоков и каждый должен быть обработан. Следовательно, мы полагаем что мы имеем ограниченный набор из N доступных процессоров каждый из которых обрабатывает только один пакет внутри потока в заданный момент времени. Рисунок 1 показывает три типичных конфигурации систем очередей.

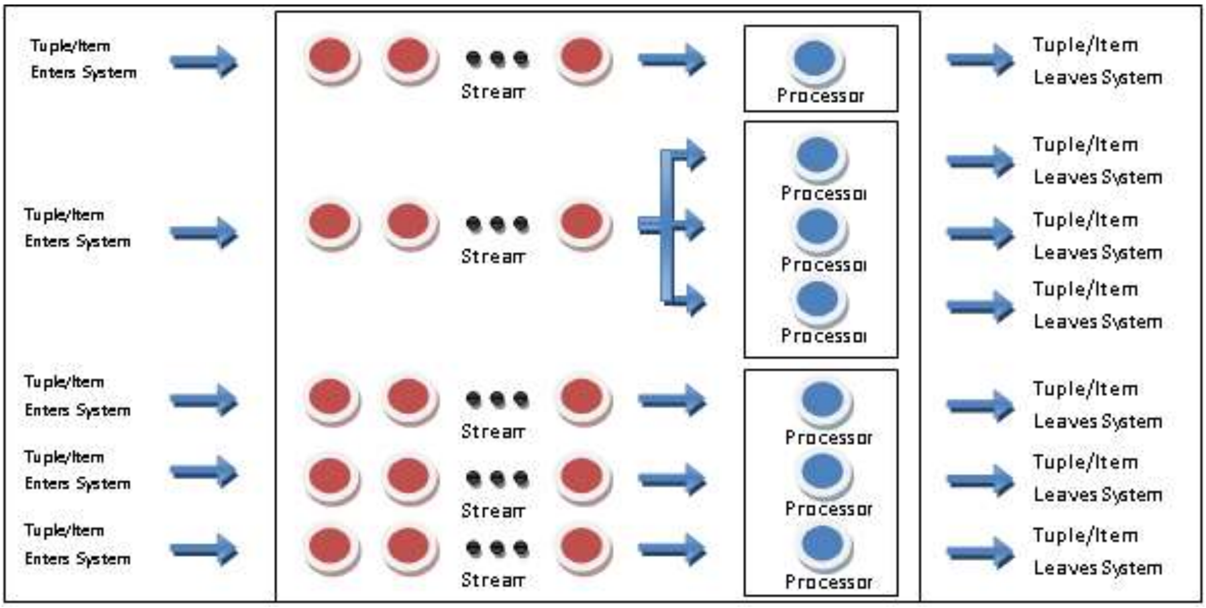


Рисунок 1. Типовые конфигурации систем очередей

Первая система на Рисунке 1 система с одной очередью, с единственным сервером-обработчиком, распространена в банкоматах и терминалах электронного обслуживания. Вторая система с одной очередью и множеством обрабатывающих серверов может быть легко замечена во многих банках, почтовых отделениях и стойках регистрации аэропортов. Третья система в которой присутствует множество очередей и обрабатывающих их серверов встречается в некоторых фаст-фуд столовых, супермаркетах и т.д. Каждая из этих типов систем основана на модели первым вошел, первым вышел (FIFO), где первый из пользователей или объектов, входящих в систему, ждет пока сервер не станет доступным, затем попадая в сервер обработки, покидает систему после того как будет обслужен.

Математическая модель. Предположим, что для каждого i-того потока K_i общее число пакетов, организованных в FIFO очередь. Поток также имеет его наиболее важную характеристику λ_i – скорость поступления i-го потока.

Каждый процессор имеет свою собственную характеристику b_i –среднее время обработки, которое означает среднее время нахождения пакетов в обрабатывающем процессоре. Как сказано ранее каждый процессор может обрабатывать только по одному пакету за раз. Каждый пакет в потоке имеет характеристику L_j^i– задержку *j*-го пакета в *i*-том потоке. Задержка означает общее время нахождения пакета в системе, начиная с момента попадания в очередь, вплоть до покидания процессора после обработки. Очевидно что $j=\{1,2, ..., K_i\}$ и i индекс потока.

На основании вышесказанного мы вводим новую переменную W_j^i – время ожидания пакета определено следующим образом:

$$W_j^i = L_j^i - b_i \tag{1}$$

Здесь $j=\{1,2,...,K_i\}$ и i индекс потока.

Далее определим следующую переменную Q_i – среднее время ожидания для i-го потока и обозначается следующим образом:

$$Q_i = \sum_{j=1}^{K_i} W_j^i \tag{2}$$

Поставщики приложения арендуют серверные ресурсы из облака, и в свою очередь предоставляют гарантии на выполнения полученной от пользователей работы, выраженной в форме Соглашения об уровне услуг (SLA). В таком соглашении содержится перечень параметров качества обслуживания, методов и средств их контроля, времени отклика поставщика на запрос потребителя, а также штрафные санкции за нарушение этого соглашения. SLA состоит из трех компонентов:

1) описание гарантии качества обслуживания которую облачная платформа предоставляет пользователю;

2) схема получения доходов которая используется платформой для начисления по предоставляемым сервисам;

3) штрафы за нарушения условленных гарантии производительности по контракту.

SLA в нашем случае определена следующим образом:

$$Q_i \leq q_i,\ i=\{1,2,\ldots,M\} \tag{3}$$

Здесь M общее количество принятых на обслуживание потоков. σ_i $(i=\{1, 2, ..., M\})$ прибыль получаемая за завершение обслуживания *i*-го потока (обработку всех пакетов этого потока). P_i $(i=1,2,...,M\})$ штраф за нарушение условии SLA.

Алгоритм решения. Мы определим новый набор переменных следующим образом:

$$\text{profit}_i = \sigma_i - A_i \times \text{cost} \times \text{duration}_i \tag{4}$$

где A_i $(i = \{1, 2, ..., M\})$ – количество выделенных процессоров для *i*-го потока, *cost* – фиксированное количество единиц (обычно денежных) на единицу времени, арендная плата требуемая облачным поставщиком в соответствии с их предоставляемыми ресурсами, $duration_i$ $(i=\{1,2,...,M\})$ – количество времени затрачиваемое на обработку *i*-го потока, $profit_i$ $(i=\{1,2,...,M\})$ – общая прибыль полученная с каждого потока на основе предыдущих параметров.

Задача сделать общую прибыль как можно больше:

$$\max(\textstyle\sum_{i=1}^{M} profit_i) \tag{5}$$

Рассмотрим ситуацию где мы имеем некоторое количество пользовательских потоков, объединенных в единую очередь, в которую попадают, в порядке появления, пакеты из всех присутствующих в системе потоков. Мы имеем набор обрабатывающих серверов, разделенных на два поднабора: активные сервера, готовые к обработке поступающих пакетов, и неактивные сервера, стоящие в резерве и ожидающих команды на включение в поднабор активных серверов. Арендная плата берется только за активные сервера. В зависимости от нагрузки активные сервера могут переходить из одной подгруппы в другую. В начальный момент выделяется необходимое количество для покрытия требуемой нагрузки и SLA соответственно выполняется. Но прибывает новый поток, и система должна принять решение о принятии его на обработку.

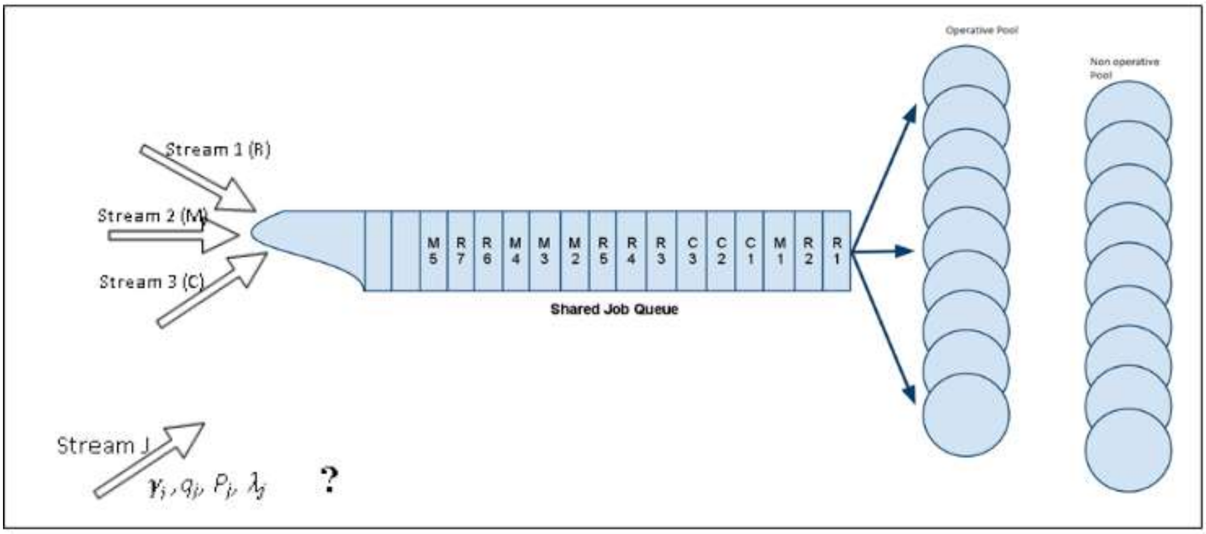


Рисунок 2. Общее время нахождения пакета в системе определяется временем ожидания и временем обработки

В такой ситуации система должна принят одно из трех решении: (i) добавить один или несколько серверов для обеспечения приемлемого уровня покрытия, (ii) отклонить поток, тем самым сохранив приемлемый уровень общей нагрузки на активные сервера, (iii) принять поток несмотря на возможный штраф за несоблюдение условий SLA, если суммарная прибыль останется сравнительно высокой. Наиболее желателен комплексный подход к обработке данной ситуации, где решение о принятии на обработку входящего потока должно включать комбинацию всех вышеперечисленных решений.

Система должна, когда возможно, выделить дополнительные ресурсы для покрытия нарастающей нагрузки. Если это необходимо, система понизит производительность (соответственно, среднее время ожидания пакета возрастет), чтобы временно увеличить эффективную емкость, в случае если это даст возможность получения большей прибыли. Когда добавление новых ресурсов невозможно или SLA не позволит дальнейшее понижение производительности, система должна отклонять приходящие потоки. Таким образом система всегда должна находить баланс между производительностью и готовностью принимать новые потоки на обработку, для достижения наибольшей прибыли в единицу времени.

Поток, в свою очередь, имеет четыре параметра, которые должны быть рассмотрены перед тем как принимать решение о принятии на обработку пакетов, входящих в данный поток. Эти параметры следующие: σ_{M+1} – доход, получаемый поставщиком услуги от пользователя, которому принадлежит данный поток, q_{M+1} – желаемое время ожидания для каждого пакета, которое должно быть $\geq Q_{M+1}$ для удовлетворения требовании пользователя, λ_{M+1} – скорость поступления пакетов, P_{M+1} – штраф за невыполнение SLA.

Решение должно приниматься на основании комплексной оценки с использованием вышеперечисленных параметров. Окончательное решение о принятии потока на обработку может определено в Таблице 1.

Таблица 1. Решения, принимаемые системой

-1	Отклонить входящий поток без дальнейших действий
0	Принять поток без добавления новых серверов
1	Принять поток и активировать один сервер
...	
N-K	Принять поток и активировать N-K серверов

Вычислительные эксперименты. Для вычислительного эксперимента за основу взяты следующие параметры: c_1 –стоимость нахождения одной работы в системе обслуживания в секунду – 1.2 тг/сек, c_2 – стоимость работы одного сервера в секунду – 1 тг/сек, среднее время обслуживания 4,35 работ/сек, в система работает 34 сервера (таким образом, точка насыщения системы работами 34x4,35 = 127,9 работ/сек), и средняя задержка на включения сервера (т.е. переход из набора выключенных в набор включенных) составляет 60 сек. Предлагаемая модель была протестирована под марковским процессом, как G/GI/n пуассоновкая очередь, таким образом, достигнутые параметры стоимости расчитаны как соотношение c_1 к c_2. Для этого, было сделано предположение что стоимость содержания одной работы c_1 = 1 тг/сек и стоимость одного работающего сервера, c_2, варьируется в интервале 0,04 – 25 тг/сек. Общее число серверов N = 40 и частота поступления работ составляет,
λ = 70 работ/сек, соответствующая предлагаемая нагрузка примерно 16.

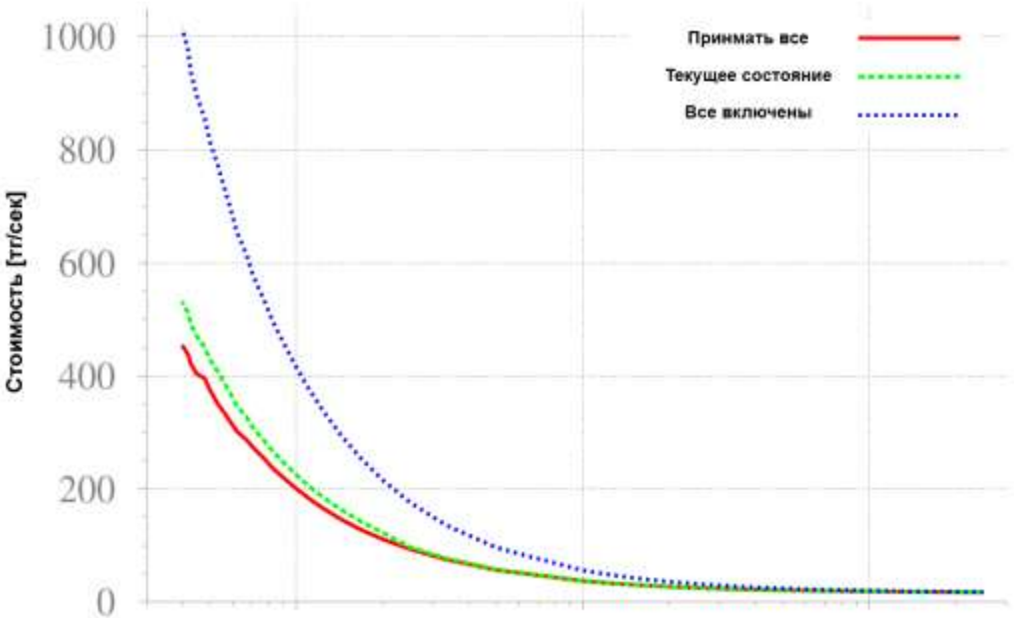


Рисунок 3. Стоимости разных c_2 при c_1 = 1.0, N = 40, λ = 70.

Политика, разработанная на основе представленной модели на рисунке 3, отмечена как “Текущее состояние”, так как данная политика принимает решение исходя из нагрузки на систему на момент принятия решения. Можно ожидать, разницу между статическими и динамическими политиками становятся менее заметны с увеличением значения соотношения c_1/c_2. Рисунок 3 показывает, что, когда стоимость запуска серверов становится незначительной, политика “Все включены” (т.е. когда мы не выключаем сервера вообще на протяжении всего эксперимента) также показывает хорошие результаты относительно политики “Принимать все”. Иначе, когда c_2 / c_1 становится очень важной для выбора правильного количества серверов для запуска, также как и когда включать/выключать резервные ресурсы. Для примера, когда c_1/c_2 = 0,04, наименьшее возможное значение общей стоимости примерно 455 тг/сек, стоимость политики “Все включены” более 1,016 тг/сек, в то время как для предлагаемой политики 532 тг/сек.

Заключение. Мы протестировали динамическую политику сохранения энергии, отключая лишние сервера, используя набор включенных серверов и набор резервных отключенных серверов численно. Было показано, что в нормальном состоянии, под нормальной операционной нагрузкой, когда поступающие процессы не чрезмерно часты, разработанная нами политика может выдать значительно меньшие затраты чем стандартная политика, где все сервера включены все время эксперимента. Более того, простые и легко реализуемые эвристические алгоритмы при маленьких нагрузках, выдают результаты близкие, а иногда, превосходящие, те, которые достигнуты с помощью разработанного алгоритма. Только, при очень высокочастотных процессах поступления работ, либо, когда общая нагрузка на очередь системы превышает 60-65% лучше всего применять представляемую политику.

1. Комен В. Серверная ферма. Очень важно не пропустить тот момент, когда надежность... . Журнал «Директор информационной службы», № 07, Москва, Изд. «Открытые системы», 2004, сс. 31-38.
2. Aidarov K., Ezhilchelvan P. and Mitrani I. Energy-aware management of customer streams. Proceedings PASM'12, London, 2012, pp. 108-115.
3. Mazzucco M., Vasar M. and Dumas M. Squeezing out the Cloud via Profit Maximizing Resource Allocation Policies. IEEE MASCOTS'12, San Francisco, USA, 2012.
4. Mitrani I. Probabilistic Modelling. London: Cambridge University Press, 1998, 308 pages.
5. Mazzucco M., Mitrani I., Fisher M. and McKee P. Allocation and Admission Policies for Service Streams. Proeedings MASCOTS’08, Baltimore, 2008, pp.155-162.
6. Mazzucco M., Mitrani I., Palmer J., Fisher M. and McKee P. Web Service Hosting and Revenue Maximization. Proceedings 5th European Conf. on Web Services (ECOWS’07), Hale, 2007.

Аңдатпа. *Ұсынылатын жұмыс ықтималдық модельдеу әдістерін Quality of Service (QoS, қызмет сапасы) талаптарын қанағаттандыру үшін қолданады. Сонымен қатар, Интернетте қолданысқа бағытталған сервер фермаларында оптималды тиімділікті қамтамасыз ету үшін түрлі жаппай қызмет көрсету әдістері қолданылған. Пуассон үрдісінің кезегі негізіндегі дәстүрлі имитациялық модель қолданылған, алынған нәтижелер одан қарапайым модельдер нәтижелерімен салыстырылды. Ұсынылатын жаппай қызмет көрсету жүйесінің жалпы кезекке рұқсатты бақылау алгоритмі құрастырылып, оның бағдарламалық іске асырылуы сипатталған және ұсынылатын әдістің, практикада қолданылатын, кейбір қарапайымдау политикалармен салыстырылуы келтіріледі.*

Түйін сөздер: *Ақпараттық жүйелердегі QoS, имитациялық модельдеу, жалпы кезегі бар жүйелер, Марков модельдері*

Abstract. *Presented work uses methods of probabilistic modelling for satisfying requirements of Quality of Service (QoS) applying different methods of Queuing Theory in order to provide optimal performance in Web-oriented server farms. Classical imitational model, based on Poisson process queue used, and obtained results are compared with others, calculated using more simple models. Developed an algorithm of shared queue access control provided by queuing system, its program implementation is described and performance comparison of provided method with some simpler politics used in practice is conducted.*

Keywords: *QoS in information systems, simulation modeling, common queue systems, Markovian models*

УДК 025.4.03

К.С. Апаев, М.Е. Мансурова[2], А.Б. Нугуманова

ВИЗУАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ БОЛЬШИХ КОЛЛЕКЦИЙ ТЕКСТОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

([1] г. Усть-Каменогорск, Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
[2] г. Алматы, Казахский национальный университет им. аль-Фараби)

Аннотация. *Тематическое моделирование является одним из современных приложений машинного обучения к анализу текстов, позволяющего выявить скрытую тематическую структуру коллекции текстов. В данной работе для решения задачи тематического моделирования использована тематическая модель LDA, с помощью которой осуществлено визуальное представление больших коллекций текстов. В работе описана реализация экспериментальной площадки для решения практических поисковых задач, связанных с обработкой коллекций веб-документов, собираемых поисковой машиной. Проведены эксперименты по оценке производительности этой площадки.*

Ключевые слова: *тематическое моделирование, обработка естественного языка, латентное размещение Дирихле, семплирование Гиббса.*

Введение

Большие, динамически изменяющиеся коллекции текстов на естественном языке (новостные потоки, тематические рассылки, ежедневные финансовые и аналитические отчеты и т.д.) представляют собой важнейший источник информации в Вебе, но требуют от человека огромных усилий по их обработке, сортировке и упорядочиванию. В этом смысле автоматическое выделение важных тем в больших текстовых потоках и их интерактивная визуализация способны оказать серьезную информационную поддержку экспертам, заинтересованным в оперативной обработке и анализе такой информации.

Подобная тематическая визуализация основывается на представлении текстов с использованием тематических моделей, которые в свою очередь основаны на генеративной (порождающей) модели естественного языка [1]. Генеративная модель естественного языка зиждется на интуитивном представлении о том, что любой текст или его логически обособленный фрагмент должен относиться к какой-либо теме, и в текстах/фрагментах одной темы некоторые слова будут встречаться чаще других (т.е. распределение слов «порождает» темы). Например, слова «матрица», «определитель», «скаляр» будут чаще встречаться в математических текстах, в то время как слова «пациент», «диагноз», «анамнез» в медицинских. В идеальном случае один документ относится к одной теме, но на практике документ зачастую касается сразу нескольких различных тем, и распределение документа по этим темам можно определить математически на основе распределения слов. Именно этими вопросами и занимается такая подобласть обработки естественного языка, как тематическое моделирование текстов.

Целью данной работы является реализация экспериментальной площадки для тематической визуализации больших коллекций текстовых документов на основе тематической модели LDA (Latent Dirichlet allocation – скрытое размещение Дирихле) и семплирования Гиббса. Основная идея LDA состоит в том, что документ представляется как смесь тем, а каждая тема задается вероятностным распределением Дирихле на словаре терминов. Идентификация параметров такого распределения – это, строго говоря, задача байесовского вывода. В работе [1] для этих целей используется вариационный байесовский вывод, а в работе [2] – семплирование Гиббса. Оба подхода имеют свои преимущества и недостатки: вариационный подход эффективен с точки зрения вычислительной сложности, но часто приводит к неточным выводам и предвзятому обучению. Семплирование Гиббса дает более точные результаты, но имеет более высокую вычислительную сложность, что делает его неэффективным при использовании больших массивов данных.

Для реализации указанной экспериментальной площадки мы используем среду R и свободно распространяемый пакет LDAvis [3], представляющий собой веб-инструмент интерактивного графического представления тем. При этом вклад нашей работы заключается в оценке пригодности созданной экспериментальной площадки для практических поисковых задач, связанных с обработкой коллекций веб-документов, собираемых поисковой машиной с сайтов казахстанского сегмента сети Интернет.

В соответствии с поставленной целью структура нашей работы выглядит следующим образом. В разделе 2 мы приводим общее описание модели латентного размещения Дирихле с использованием семплирования Гиббса для тематического моделирования коллекции документов. В разделе 3 мы приводим описание практической реализации. В разделе 4 мы анализируем проблемные места указанной реализации и формируем план будущих исследований для устранения этих проблем. В разделе 5 мы подводим итоги проделанной работы и формулируем краткие выводы.

Латентное размещение Дирихле и семплирование Гиббса

В работе [4] вероятностная тематическая модель текста определяется следующим образом. Пусть D – это коллекция текстовых документов, W – словарь всех терминов (слов) коллекции. Документ $d \in D$, принадлежащий коллекции, может быть представлен как набор терминов $(w_1, \ldots, w_{nd})$ из словаря W, встречающихся в этом документе. Существует конечный набор тем T, и появление термина w в документе d обусловлено какой-то неизвестной темой $t \in T$. Коллекция документов рассматривается как множество троек (d, w, t), выбранных случайно и независимо из дискретного распределения $p(d, w, t)$, заданного на конечном множестве $D \times W \times T$. Документы $d \in D$ и термины $w \in W$ являются наблюдаемыми переменными, тема $t \in T$ является латентной (скрытой) переменной.

Как отмечается в [2], построить тематическую модель коллекции документов D означает определить множество тем T, найти распределения $p(w|t)$ для всех тем $t \in T$ и распределения $p(t|d)$ для всех документов $d \in D$.

Стандартная модель LDA описывается следующим образом. В LDA каждый из D документов моделируется в виде смеси по K скрытым темам, каждая из которых является мультиномиальным распределением по W словам словаря. С целью порождения нового документа j вначале представляются смешанные пропорции $\theta_{k|j}$ из распределения Дирихле с параметром α. Для i слова в документе назначение темы z_{ij} представляется с помощью темы k, выбранной с вероятностью $\theta_{k|j}$. Затем слово x_{ij} извлекается из темы z_{ij}, со словом x_{ij} берется значение w с вероятностью $\phi_{w|k}$, где $\phi_{w|k}$ извлекается из априорного распределения Дирихле с параметром β. Окончательно, процесс порождения выражается следующим образом:

$$\theta_{k|j} \sim Dir(\alpha) \quad \phi_{w|k} \sim Dir(\beta) \quad z_{ij} \sim \theta_{k|j} \quad x_{ij} \sim \phi_{w|k} \tag{1}$$

где $Dir(\alpha)$ представляет собой распределение Дирихле.

Задав обучающие данные с помощью N слов $x = x_{ij}$, можно вывести апостериорное распределение латентных переменных. Эффективной процедурой при этом является использование семплирования по Гиббсу, где латентные переменные $z = z_{ij}$ выбираются путем интегрирования $\theta_{k|j}$ и $\phi_{w|k}$. Условная вероятность z_{ij} вычисляется по формуле:

$$p(z_{ij} = k|z^{\neg ij}, x, \alpha, \beta) \propto (\alpha + n_{k|j}^{\neg ij})(\beta + n_{x_{ij}|k}^{\neg ij})(W\beta + n_k^{\neg ij})^{-1} \tag{2}$$

где верхний индекс $\neg ij$ означает, что соответствующий элемент данных исключен из значений количества, $n_{k|j}$ показывает число токенов в документе j, назначенных теме k, $n_{x_{ij}|k}$ показывает число токенов со словом w, назначенных теме k, и $n_k = \sum_w n_{w|k}$.

Реализации предлагаемого подхода

Как отмечалось во введении, для практической реализации была выбрана среда R, включающая в себя язык программирования R и свободно распространяемые пакеты tm, lda, LDAvis и некоторые другие.

Коллекция исходных документов в формате CSV подвергается предварительной обработке и затем из нее формируется корпус, пригодный для моделирования.

```
#Установить путь
setwd("E:/2015/Topic modelling")

#Библиотеки
library(RTextTools)
library(topicmodels)
library(LDAvis)
library(tm)
library(servr)
library(RCurl)
library(stringr)

data <- read.csv2("corpus.csv", header = TRUE, sep = ";")
ch <- as.character(data$Content)
doc.list <- strsplit(ch, "[[:space:]]+")

term.table <- table(unlist(doc.list))
term.table <- sort(term.table, decreasing = TRUE)
vocab <- names(term.table)

get.terms <- function(x) {
  index <- match(x, vocab)
  index <- index[!is.na(index)]
  rbind(as.integer(index - 1), as.integer(rep(1, length(index))))
}
documents <- lapply(doc.list, get.terms)

D <- length(documents)
W <- length(vocab)
doc.length <- sapply(documents, function(x) sum(x[2, ]))
N <- sum(doc.length)
term.frequency <- as.integer(term.table)

# MCMC and model tuning parameters:
K <- 20
G <- 500
alpha <- 0.02
eta <- 0.02

# Fit the model:
library(lda)
set.seed(357)
```

```
t1 <- Sys.time()
fit <- lda.collapsed.gibbs.sampler(documents = documents, K = K, vocab = vocab,
                                   num.iterations = G, alpha = alpha,
                                   eta = eta, initial = NULL, burnin = 0,
                                   compute.log.likelihood = TRUE)
t2 <- Sys.time()
t2 - t1  # about 24 minutes on laptop

theta <- t(apply(fit$document_sums + alpha, 2, function(x) x/sum(x)))
phi <- t(apply(t(fit$topics) + eta, 2, function(x) x/sum(x)))

MR<- list(phi = phi,
                    theta = theta,
                    doc.length = doc.length,
                    vocab = vocab,
                    term.frequency = term.frequency)

# create the JSON object to feed the visualization:
json <- createJSON(phi = MR$phi,
                  theta = MR$theta,
                  doc.length = MR$doc.length,
                  vocab = MR$vocab,
                  term.frequency = MR$term.frequency)
serVis(json)
```

Для передачи данных в пакет LDAvis создается JSON-строка, и передается на выполнение модулю визуализации. Визуализация позволяет отобразить, как распределены темы в коллекции, их близость друг к другу и состав терминов. LDAvis отображает темы в виде кругов, размер которых пропорционален значению вероятности $p(t)$, расстояние между кругами пропорционально мере близости тем. На рисунках 1, 2 представлены две смежные темы, первая касается общего понятия ислама, а вторая взаимодействия ислама и государства. На рисунке 3 показана тема, связанная с отправлением религиозных обрядов в исламе.

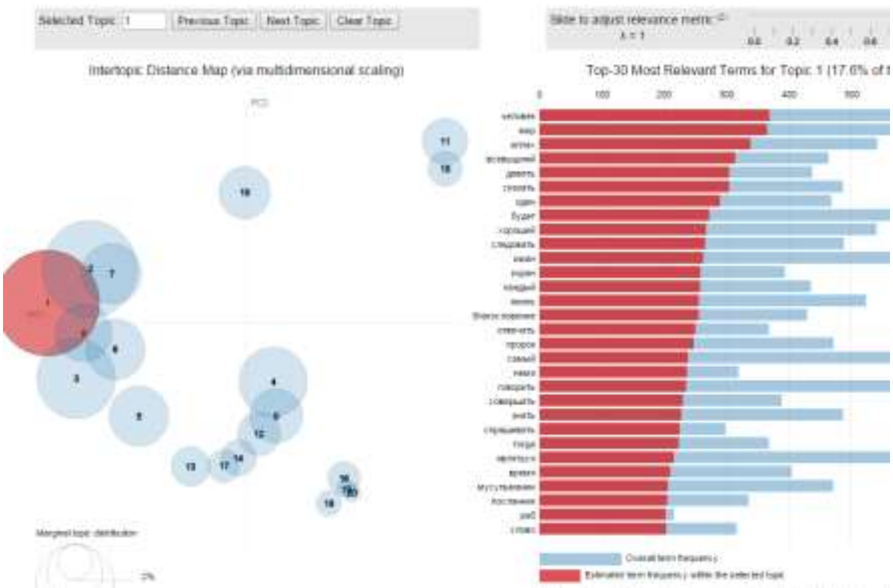


Рисунок 1 – Общая тема «Ислам»

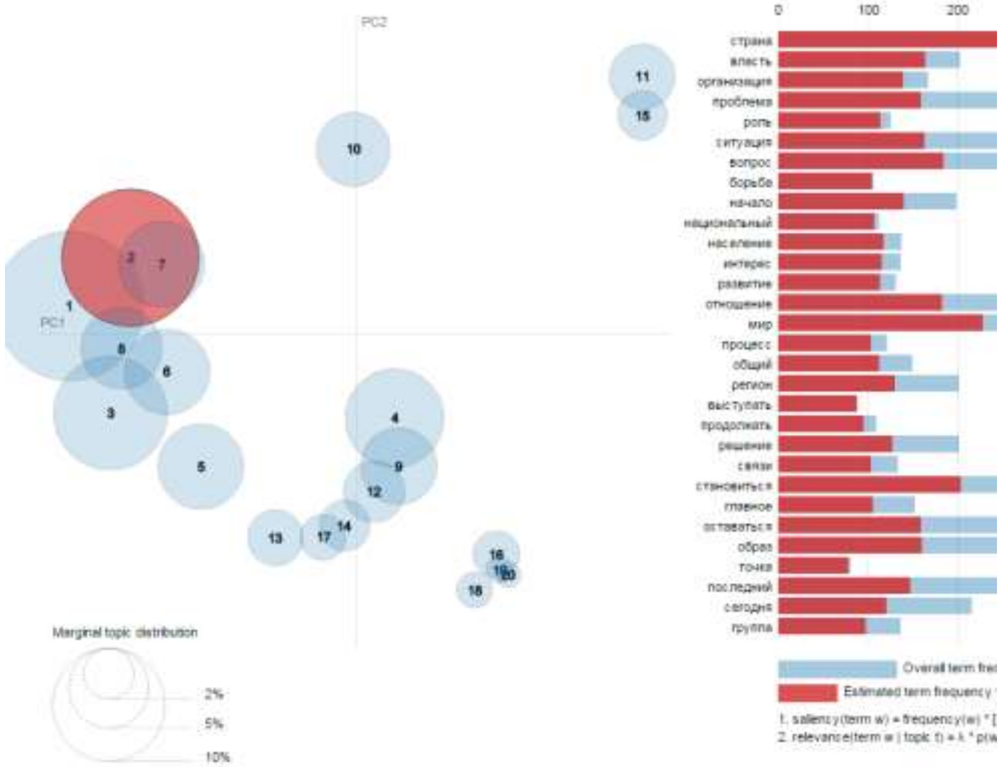


Рисунок 2 – Тема «Ислам в государстве»

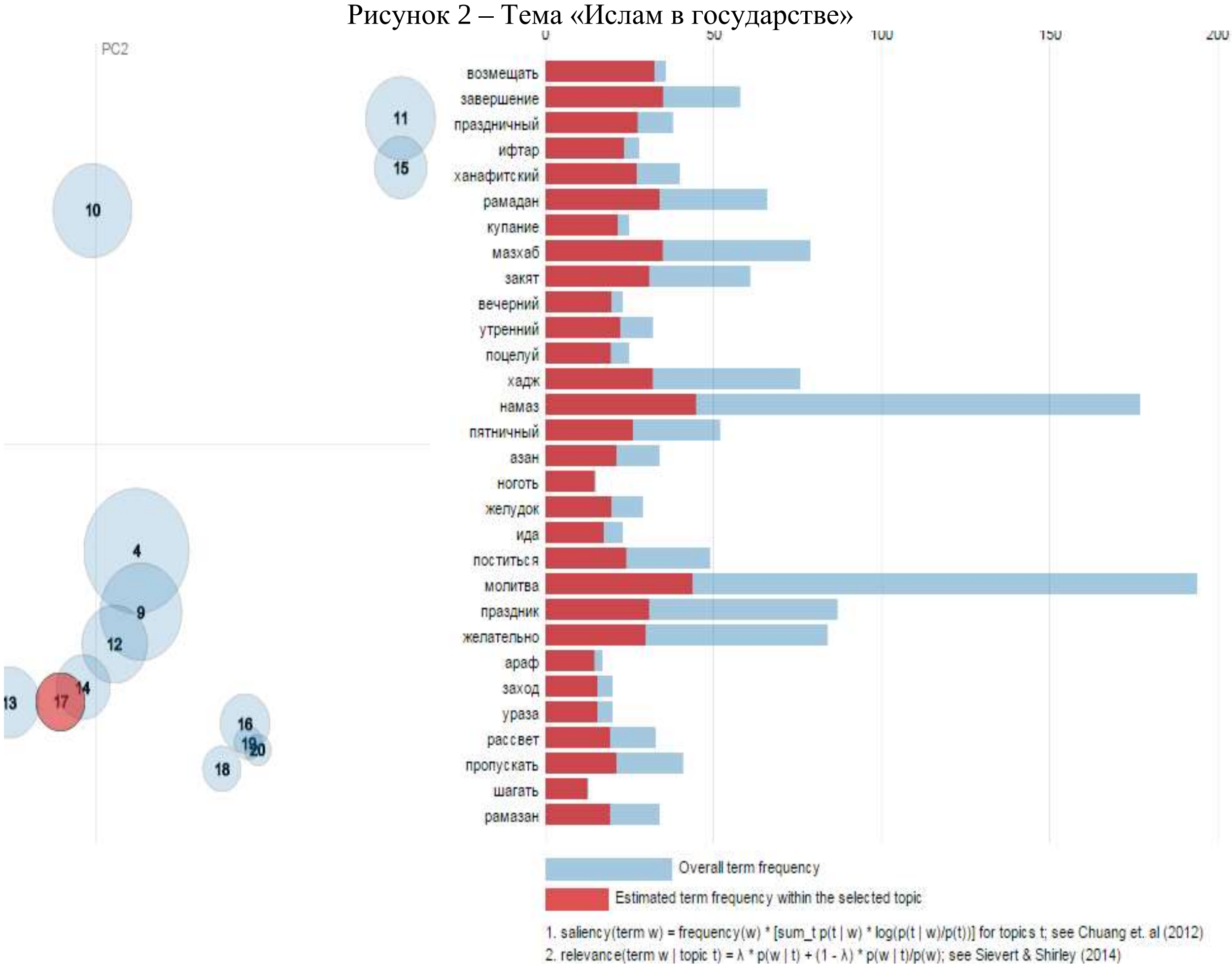


Рисунок 3 – Тема «Обряды в исламе»

Проблемные места реализации

Основные проблемы, которые возникли при реализации экспериментальной площадки, как отмечалось выше, связаны с низкой производительностью алгоритма семплирования Гиббса. Реализация этого алгоритма в R является очень медленной, в то время как, по мнению многих исследователей, применение языков C/C++ и Java дает самые быстрые реализации этого алгоритма [5, 6]. Тем не менее, применение R обусловлено наличием в его составе мощных статистических и графических пакетов, поэтому у исследователей возникает естественный интерес к возможностям расширения R путем вызова итерационных алгоритмов, написанных на других языках.

В таблице 1 представлены результаты работы алгоритма семплирования Гиббса на обычной рабочей станции при обработке коллекции, состоящей из 1958 документов и словарь которой составляет 17212 терминов, а на рисунке 4 – эти же данные, но в графическом виде.

Таблица 1 – Результаты работы алгоритма

K (количество тем в модели)	G (число итераций)	Время (мин)
20	5000	19.52
20	1000	4.02
20	300	1.20
20	100	0.24

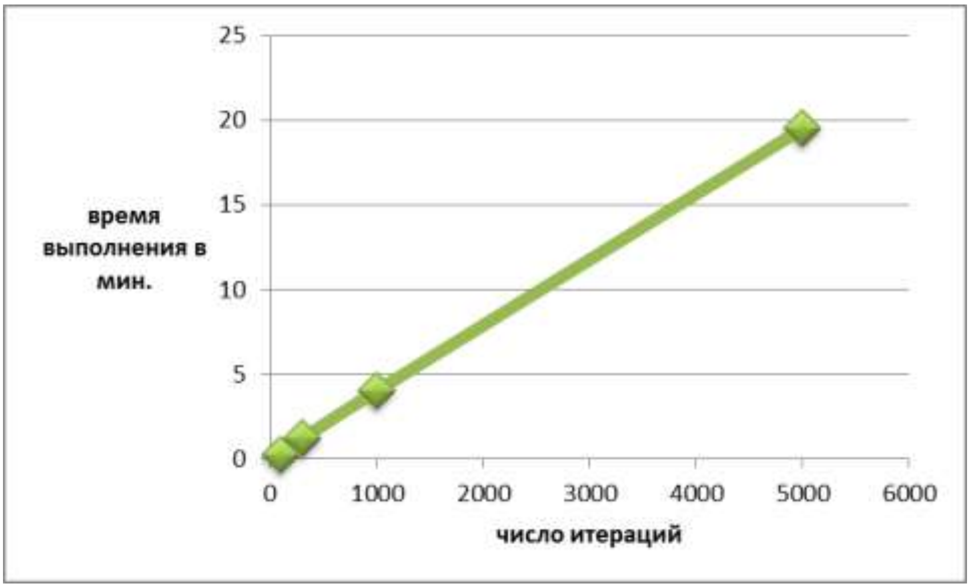


Рисунок 4 – Диаграмма зависимости времени выполнения от числа итераций

Единственное замечание в пользу прямого использования семплирования Гиббса в пакете R – это то, что качество моделирования не слишком ухудшается при уменьшении количества итераций.

Таким образом, можно предложить два варианта устранения проблем, связанных с реализацией данной экспериментальной площадки:

1) Интеграция пакета R с высокопроизводительными библиотеками итерационных алгоритмов, написанных на таких языках как C++, C#, Java.

2) Распараллеливание алгоритма в самом пакете R с использованием таких пакетов, как multicore, snow и т.д.

Заключение

Тематическое моделирование является одним из современных приложений машинного обучения к анализу текстов, позволяющего выявить скрытую тематическую структуру коллекции текстов, а также тематический профиль каждого документа. В данной работе для решения задачи сегментации текста использована тематическая модель LDA, с помощью которой осуществлено визуальное представление больших коллекций текстов. В работе проведена оценка пригодности созданной экспериментальной площадки для практических поисковых задач, связанных с обработкой коллекций веб-документов, собираемых поисковой машиной с сайтов казахстанского сегмента сети Интернет.

Дальнейшие исследования будут направлены на разработку распределенной параллельной реализации алгоритмов семплирования Гиббса и сегментации текста.

1 Blei D.M., Ng A.Y., Jordan M.I. Latent Dirichlet allocation //the Journal of machine Learning research. – 2003. – Т. 3. – С. 993-1022.
2 Steyvers M., Griffiths T. Probabilistic topic models //Handbook of latent semantic analysis. – 2007. – Т. 427. – №. 7. – С. 424-440.
3 Sievert C., Shirley K. LDAvis: A method for visualizing and interpreting topics //Proceedings of the Workshop on Interactive Language Learning, Visualization, and Interfaces. – 2014. – С. 63-70.
4 Воронцов К.В., Потапенко А.А. Регуляризация, робастность и разреженность вероятностных тематических моделей // Компьютерные исследования и моделирование. - 2012. - Т. 4. - №. 4. - С. 693-706.
5 Mooij J. M. libDAI: A free and open source C++ library for discrete approximate inference in graphical models //The Journal of Machine Learning Research. – 2010. – Т. 11. – С. 2169-2173.
6 Phan X. H., Nguyen C. T. GibbsLDA++, AC/C++ implementation of latent dirichlet allocation (LDA) using Gibbs sampling for parameter estimation and inference. – 2013.

Аңдатпа. *Тақырыптық модельдеу мәтінді талдайтын машиналық оқытудың қәзіргі заманғы бірден бір технологиясы болып табылады және де ол мәтін топтамасының тақырыптық құрылымын анықтауға мүмкіндік береді. Берілген жұмыста тақырыптық модельдеу есебін шешу үшін LDA тақырыптық модель қолданылған, осының көмегімен үлкен мәтіндік топтаманы визуалды түрде көруге мүмкіндік бар. Осы жұмыста іздеу машинасымен жинақталатын веб-құжаттар топтамасының өңделуімен байланысты іздеу есептерің практикалық түрде шешетін тәжірибелік алаңның жүзеге асырылуы сипатталған. Осы алаңның өнімділігін бағалау үшін тәжірибелер жүргізілген.*

Түйін сөздер: *Тақырыптық модельдеу, табиғи тілдің өңделуі, латенттік Дирихленің орналастырулуы, Гиббс таңдамасы.*

Abstract. *Topic modeling is one of the modern applications of machine learning to analyze texts and to reveal latent topics structure. In this paper we use LDA to solve the problem of topic modeling of large text collection and to get its visual representation. We describe the implementation of the experimental framework to solve practical search problems associated with the processing of collections of web documents collected by search engine. Experiments were conducted to evaluate the performance of this platform.*

Key words: *Topic modeling, natural language processing, Latent Dirichlet allocation, Gibbs Sampler.*

Хабаршы • Вестник
«Физика-математика ғылымдары» сериясы • Серия «Физико-математические науки»,
№3 (51) -2015

ӘОЖ 681.3.06

А.Т. Бектемесов

АҚПАРАТТАРДЫ ҮЛКЕН КӨЛЕМДІ ҚҰЖАТТАРДАН BDD ӘДІСІМЕН ІЗДЕУ

(Алматы қ.,, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті)

Аңдатпа. *Бұл мақалада осы күнгі даму үстіндегі программа верификациясының әдісі – екілік шешу диаграммасы (BDD) жайлы шолу жүргізіледі. BDD әдісі арқылы көптеген камбинаторика мәселелелрінің беті ашылуда. Соның бірі, өте көп құжаттар арасынан керекті сөздерді іздеу, атап айтқанда онтологиялық байланыстарды іздеу өте қолайлы. Бұл жұмыста миллионнан астам құжаттарға арналған BDD жасау көрсетілген.*

Түйін сөздер:*BDD, верификация, іздеу, үлкен құжаттармен жұмыс.*

Компьютер құрылғылары даму кезеңінде олардың есептеуіш құрылғы ретіндегі қызметі төмендеп, ол ақпаратты сақтау құрылғысы ретінде үлкен көлемді ақпаратты сақтау және өңдеу жұмысымен адамның ең басты көмекшісіне айналды. Осыған байланысты жиырмасыншы ғасырдың 68-жылдарынан бастап программистердің негізгі мәселесінің бірі мәліметтер қоры мен мәліметтер банкін құру және оны басқару болды. Ал соңғы жылдарда жиналған ақпараттар коммуникациясын қамсыздандыру мәселелеріне көп көңіл бөліне бастады. Сондықтан қолданбалы ақпараттық жүйелердің маңыздысы электронды құжат айналымы жүйесі болып табылады. Бүгінгі таңда мемлекеттік органдарда ғана емес, сонымен қатар қарапайым мекемелерде де электронды құжат айналымы жүйесінің жұмыс істеуі қазіргі күні өте өзекті.

Қазіргі күні құжаттар басқарудың құралы ретінде бөлімшелер мен жеке қызметкерлер арасындағы коммуникацияны қамтамасыз етеді. Алайда қызмет көлемі өсе бастағанда, өте үлкен құжаттармен жұмыс істеу көптеген ресурстарды қажет етеді және бүкіл мекеме жұмысын баяулатады.

Үлкен ақпараттарды өңдеу және іздеу жұмыстарын жүргізу қазіргі интернет желісіне де ең керекті сала болып тұр. Бүкіләлемдік желіде шамалап есептелгенде күніне $4*10^{16}$ байт ақпараттар тасымалданады екен . Оның ішінен керекті немесе өзекті тақырыптарды іздеу және таңдау оңайға соқпай тұр. Өңдеудің бірден-бір шешімі - жаңа әдістер мен технологиялар арқылы жүзеге асыру.

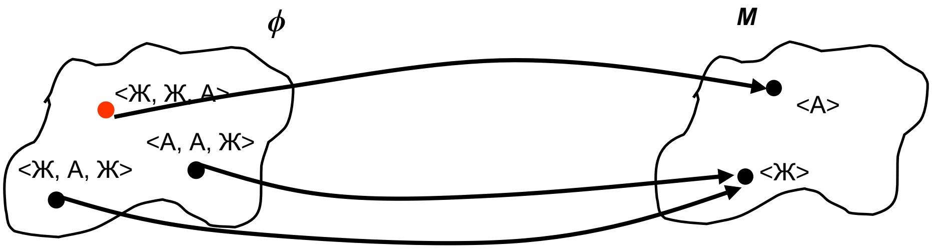
Осы өзекті мәселені шешуге талпынып, атақты BDD әдісін қолданып көрелік. Ол үшін алдымен 35 жылдық қана тарихы бар индустрияға қолданылып келе жатқан программаларды верификациялау әдісіне тоқталған жөн болады.

Компьютерлік программалардың жұмысы дұрыс болуына толық кепіл бере алмаймыз. Программалардың жұмыс істеу барысында көлік апаттарға, табиғат ластануына, финанстық шығындарға, тіпті адам өліміне әкеп соғатын миллионнан бір жағдайындағы қателер бірден-бір себеп болмақ. Программаны тестілеу барысында сол программаның бүкіл жағдайларын тексеріп шығу мүмкін емес. Тестілеу тек енгізілетін мәндерге ғана жауап қайтарады.

Күрделі жүйелерді тексеру үшін, мынадай негізгі әдістемелер бар:

- Имитациялық моделдеу;
- Тестілеу;
- Дедуктивтік анализ;
- Моделді тексеріс (Model Checking).

Model Checking – программалардың жұмысын тексеретін және программаны қалыпқа келтіру автоматизациясының мәселесін шешудегі болашағы зор, кең қолданылатын әдістеме [1, 2]. Анализдеу жұмыстарын жүргізу үшін программаның абстрактланған формалды моделі құрылады. Мысалы, параллелді программаның өзара байланысы бар екі процессін қарастырайық (Сурет 1). Тексерілетін қасиеттер немесе шарттар формалды математикалық тілінде мынадай логикалық формуламен өрнектеледі: $M \models \phi$, белгілі бір ϕ булдік формула M модельді қанағаттандырады.



Сурет 1. ϕ формуласы моделінің <Ж, Ж, А> интерпретациясы

Сонымен, верификация жұмысы абстрактланған программа моделіне формализацияланған спецификация талаптарын тексеру болып табылады. Берілген программаның моделді алгоритмі және сол берілген программаға тексеру спецификациясы табылса, программаның қолданбалы автоматты верификация жүйесін құруға болады. Формалды тілдегі спецификацияны жүйе қолданушысы программаның тек қасиетін анықтайды [3] (Сурет 2).

Сурет 2. Верификация жүйесінің алгоритмі

Верификациялау барысында программалық жүйенің немесе бір бөлігінің дұрыс есептемеуін дәлелдейміз. Ал моделді тексеру – верификация және тестілеу әдістерінің біріккен нәтижесі болады.

Тексерілетін программаны верификаторға салып бірден тексеруге болмайды, себебі программа қандай жүйемен құрылғанына немесе қарапайым есептердің циклдік қайталануына байланысты күйлер саны экспоненциалды өсуі мүмкін. Сондықтан шығарылатын есепті барынша абстракциялау қажет, яғни қысқарта отырып моделін құрамыз.

Верификаторда тексеру процессі кезеңінде орташа программаның мүмкін болатын барлық жағдайларын қарастырып шығу шамамен 10^{65} күйлер санын құрайды. Ғалымдардың есептеуі бойынша әлем 10^{81} бөлшектен құралған екен [2]. Ондай болса бұндай үлкен санды ақпараттармен жұмыс істеу өте күрделі және суперкомпьютерлердің көмегін талап етеді. Алайда верификатор қарапайым компьютерлерде де жұмыс жасай береді және бірнеше секундтар ішінде программаның мүмкін болатын жағдайларының бәрін қарастырып шығады. Әрине, әдіс қолданады және ол BDD (Binary Decision Diagram)деп аталады [4]. Екілік шешу диаграммасы арқылы үлкен көлемдегі файлдар арасындағы керекті сөздерді іздеу ыңғайлы болмақ.

Айталық «информатика» сөзін файлдар ішінен іздеу керек болсын. Алдын ала белгілеп алуға болады.

Кесте 1

информатика	2 3 6 8 9 11
информация	1 4 5 7 8 10
информбюро	4 5 6 7 9 11

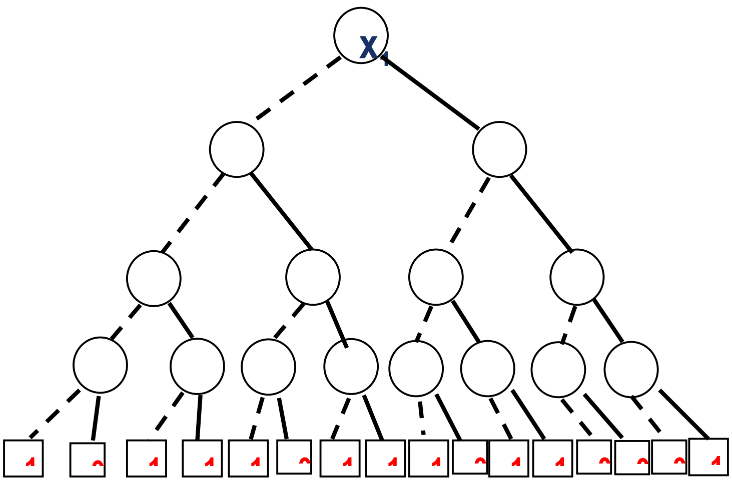
Екілік санақ жүйесіне аударайық. Бірақ бұл жерде тікелей мағына емес. Тек реттік нөмерде тұрған файлда бар (1) немесе жоқ (0) дегенді білдірсін:

Кесте 2

информатика	0 1 1 0 0 1 0 1 1 0 1
информация	1 0 0 1 1 0 1 1 0 1
информбюро	0 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1

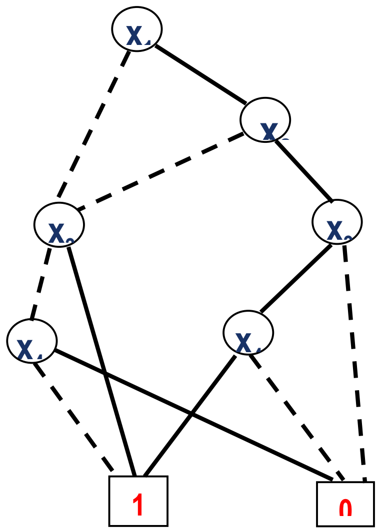
Деректер қорындағы барлық файлдарды екілік атауына арналған әрбір сөз үшін логикалық формуласы болсын: $f= \neg x_1x_3 \vee \neg x_1 \neg x_4 \vee x_3x_4 \vee \neg x_2 \neg x_4$

$x_1x_2x_3x_4$	f
0000	
0001	
0010	
0100	
1000	
1111	
0101	
1001	
1100	
0011	



Сурет 1. Информатика сөзіне логикалық формула және бинарлы ағаш

Бинарлы ағашты BDD әдісі арқылы қысқартқанда қысқа әрі жинақы бинарлы ағаш шығады (Сурет 2).



Сурет 2. Информатика сөзінің BDD компрессиясы

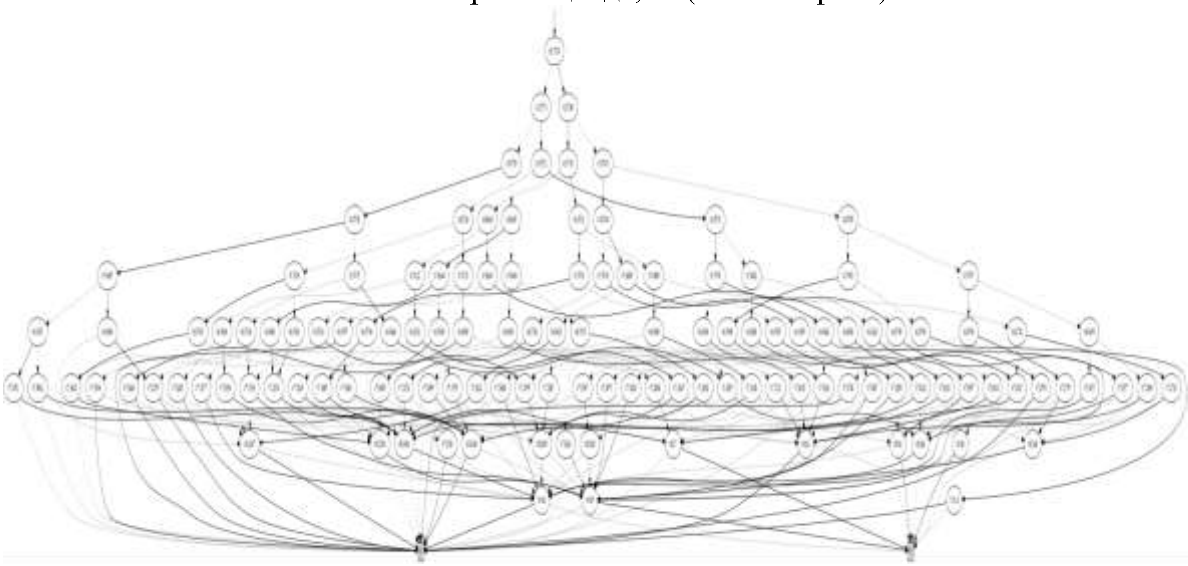
Қорытынды

«Х» айнымалы саны қарапайым 4 ке тең болғанда келесі мәліметтер алынды.

Кесте 3

	Предикаттар саны	Қабырғалар саны	Шектер саны
Екілік ағаш	15	30	16
BDD	6	12	2

Ал «Х» айнымалы мәнін 9 – ға ұлғайтқанда, 9! (362’880 файл):



Сурет 3. «Х» айнымалы санын 11

Тәжірибе барысында «Х» айнымалы санын тек 11 –ге ұлғайта алдық, себебі Java технологиясымен жасалған JBDD библиотекасының шегі осы. Сонымен BDD әдіспен 11! (39’916’800) файлды өңдей алады.

Миллиондаған файлдардың ішінен бір немесе бірнеше сөзді табу үшін ұсынып отырған жүйеге тек бірнеше секунд қана қажет болды. Айталық ақпарат іздеу барысында 39’916’800 қадамның орнына тек 11 түйінді тексеріс қадамын орындайды.

1. Наука и жизнь // АНО «Наука и жизнь» – Москва, №9, 2015. – 267 с.
2. Карпов Ю. Г., Model Checking: Верификация параллельных и распределенных программных систем // БХВ-Петербург – Санкт-Петербург, 2010. – 551 с.
3. Clarke E. M., Grumberg O., Peled D.A. Model Checking // The MIT Press. – London, England, 1999. – 330 p.
4. Narayan. A. Recent advances in BDD based representations for Boolean functions // A survey. In Proc. 12th Intl. Conf. on VLSI Design, 408–413,1999.

Аннотация. *В этой статье представлен современный метод верификации компьютерных программ – двоичная решающая диаграмма (BDD). С использованием метода BDD можно решить многие комбинаторные проблемы. Один из них является поиск данных внутри больших документов для онтологических связок. В этой работе продемонстрировано BDD на миллион файлов.*

Ключевые слова: *BDD, верификация, поиск, работа с большими документами.*

Abstract. *In this paper presents a modern method of verification software - Binary Decision Diagram (BDD). Using the method of BDD can solve many combinatorial problems. One of them is the search into big data documents with the ontological ligaments. This work demonstrated BDD for 3 million files.*

Keywords: *BDD, verification, search, working with bigdata*

УДК 378

Е.Ы. Бидайбеков, Н.И. Пак[*]

АКАДЕМИЧЕСКАЯ МОБИЛЬНОСТЬ И МЕЖДУНАРОДНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ МАГИСТРАТУРЕ ПО ПРОГРАММЕ «ИНФОРМАТИКА В ОБРАЗОВАНИИ / ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ»

(г. Алматы, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Россия, -г. Красноярск, [*]Красноярский государственный педагогический университет имени В.П. Астафьева)

Аннотация. *В статье рассматривается академическая мобильность учащихся и международная деятельность учебных заведений как одно из условий формирования культуры международного общения и взаимодействия у участников учебного процесса. Представлен опыт реализации одной из моделей академической мобильности студентов педагогических вузов и проектов международного сотрудничества России и Казахстана. Определены организационно-педагогические условия, необходимые для активной и продуктивной совместной деятельности между вузами. Описывается реализация этих условий. Излагаются особенности совместной подготовки магистров по программам двудипломной магистратуры, которая реализуется с 2013-2014 учебного года.*

Ключевые слова: *академическая мобильность, международная деятельность, международное сотрудничество, программа двудипломной магистратуры, Интернет-среда, Интернет-технологий.*

Научно-технический прогресс в области телекоммуникаций, Интернет-сервисов обуславливает возможности глобализации учебного процесса в условиях интернационализации образования [1, 2, 3]. В этой связи становиться актуальным формирование культуры международного общения студентов, особенно для педагогических вузов. В настоящее время общество предъявляет новые требования к студентам педагогических специальностей. Будущий учитель должен уметь осуществлять свою профессиональную деятельность в информационно-образовательных средах, предполагающих взаимодействие учеников разных стран в их учебно-воспитательном процессе. Кроме всего прочего, для будущего учителя, работника образования следует определить необходимость овладения несколькими иностранными языками на уровне, достаточном для свободного общения, обучения, участия в совместных проектах.

Одним из условий формирования культуры международного общения у студентов является их академическая мобильность. Проблема формирования культуры международного общения студентов в процессе их учебной и научной деятельности становится сегодня актуальной в связи с расширением международных контактов, процессами глобализации и культурной интеграции. При этом, благодаря развитию и общедоступности информационно-коммуникационных технологий и Интернет, совместное обучение студентов разных стран становится доступным.

В настоящей работе представлен опыт реализации одной из моделей академической мобильности студентов педагогических вузов и проектов международного сотрудничества России и Казахстана.

Красноярский государственный педагогический университет им. В.П.Астафьева (Россия) и Казахский национальный педагогический университет им. Абая (г,Алма-аты, Казахстан) проработали совместный проект академической мобильности студентов и преподавателей, включающий:

- совместную научную деятельность в области информатизации образования;
- совместную учебную деятельность по программам двудипломной магистратуры по математике и информатике.

Совместная научная деятельность

В рамках научной деятельности по направлению «Информатизация образования» создана международная группа сотрудников вузов Красноярска (КГПУ им.В.П.Астафьева, СФУ, СибГАУ), казахского национального педагогического университета им.Абая (г.Алма-аты). Этой группой прорабатываются заявки на участие в грантовых конкурсах России и Казахстана. Еженедельно проводится научный семинар-вебинар с участием ученых и педагогов из более 10 городов России, с участием коллег из Казахстана.

Для активной и продуктивной совместной деятельности между вузами были определены *организационно-педагогические условия*, учитывающие специфику формирования у студентов и педагогов культуры международного научного общения средствами Интернет-технологий:

1) использование Интернет-среды для обеспечения международной деятельности студентов;

2) совместное создание информационных учебных и научно-образовательных ресурсов;

3) формирование компонентов культуры международного общения в процессе

вебинаров;

4) привлечение к сотрудничеству студентов других вузов, имеющих общие профессиональные интересы, как субъектов международного общения средствами Интернет-технологий.

Реализация первого условия – *использование Интернет-среды для обеспечения международной деятельности студентов* – включает доступ к сети Интернет, социальным сетям, Интернет-ресурсам, Интернет-порталам и др., а также взаимодействие российских преподавателей, студентов и партнеров зарубежных вузов.

Второе условие – *совместное создание информационных учебных и научно-образовательных ресурсов* – реализуется через совместные учебные проекты преподавателей по написанию учебных пособий и материалов, совместного руководства аспирантами и магистрантами, создающих полезные учебные цифровые ресурсы.

Третье условие – *формирование компонентов культуры международного общения в процессе вебинаров* – позволяет интегрировать специальные знания, умения, навыки при работе в режиме он-лайн при удаленной групповой коммуникации; является важным и необходимым, поскольку ориентировано на постоянное общение, обмен идеями и опытом научной и учебной деятельности российских студентов и студентов-партнеров зарубежных вузов в условиях видеоконференцсвязи, что обуславливает опыт дистанционного общения.

Четвертое условие – *привлечение к сотрудничеству студентов других вузов, имеющих общие профессиональные интересы, как субъектов международного общения средствами Интернет-технологий* – направлено на совместное сотрудничество российских и зарубежных студентов с помощью преподавателя через применение таких средств Интернет-технологий как чаты, форумы, скайп, блоги, электронная почта, видеоконференции, Интернет-порталы и сервисы.

Обеспечение вышеназванных организационно-педагогических условий более эффективно при наличии определенной институциональной структуры, управляющей и координирующей деятельность вузов разных стран с учетом нормативных, правовых и содержательных аспектов. К тому же, необходимость оптимизации затрат и усилий на разработку электронных средств и методов электронного обучения за счет устранения дублирования подобных работ в вузах и возможностей облачных технологий обуславливают поиск новых моделей системно-распределенных форм международного взаимодействия в сфере научно-учебной межвузовской кооперации и корпорации. Одной из целесообразных моделей решения обозначенной проблемы, а также проблемы ускорения процессов развития электронного обучения, формирования открытого образования, является создание международных сетевых научно-методических сообществ (лабораторий, центров, Институтов и т.п.) для проведения совместных исследований и проектных работ по определенным общезначимым для участников направлениям деятельности. Практически во всех вузах имеются проблемы, наработки и коллективы специалистов по использованию ИКТ в учебном процессе. В этой связи представляется актуальным создание международной (сетевой) лаборатории «Средства и технологии открытого образования». Цель создания лаборатории - интеграция кадровых ресурсов, материально-технической базы вузов разных стран для проведения совместных научных исследований и внедрение их результатов в учебный процесс в области индустрии электронных средств и методов открытого образования с помощью облачных технологий.

Учебная деятельность по программам двудипломной магистратуры по математике и информатике

В рамках учебной деятельности в КГПУ им.В.П.Астафьева и КазНПУ им.Абая осуществляется подготовка магистрантов по программам двудипломного магистерского образования: «Информатика в образовании/Информатизация образования»; Информационные технологии в математическом образовании /Образовательная математика» в очной и дистанционной форме. Нормативным документом, регламентирующим эту деятельность, является Соглашение о сотрудничестве в области совместной подготовки магистров по Программам двудипломной магистратуры.

Для реализации этих программ вузами были согласованы учебные планы существующих магистерских программ, определены графики учебного процесса и условия взаимодействия соруководителей магистерских диссертаций. При этом систематически на научно-методических вебинарах заслушивались отчеты магистрантов о ходе преддипломной практики, а также согласование позиций и идей научных руководителей.

В 2013/2014 учебном году по программе двудипломной магистратуры «Информатика в образовании/Информатизация образования» обучались 4 магистранта КазНПУ им.Абая, в 2014/2015 гг - 3 магистранта по информатическому и 3 по математическому направлений. По результатам сдачи ими государственных экзаменов, защиты магистерских диссертаций в объединенной государственной аттестационной комиссии (из представителей КазНПУ и КГПУ) и индивидуального опроса были сделаны следующие выводы:

1. Опыт двудипломной подготовки магистрантов-казахов показал высокую их внутреннюю мотивацию к получению образования в российской высшей школе.

2. Магистранты-россияне повысили свой интерес к учебе, чтобы не выглядеть перед сокурсниками из другой страны с худшей стороны.

3. Руководители магистерских диссертаций более тщательно и ответственно работали с магистрантами и с соруководителями.

Как итог вышеназванных факторов получены следующие результаты:

1. Государственный экзамен сдавался на английском, русском и казахском языках, все магистранты получили высокие оценки.

2. Защиты магистерских диссертаций проводились на английском, русском и казахском языках, все магистранты получили высокие оценки.

3. Магистрантов рекомендовали к поступлению в докторантуру PhD КазНПУ им.Абая и аспирантуру КГПУ им.В.П.Астафьева.

4. Ответы на экзаменах и выступления магистрантов на защитах магистерских диссертаций выделялись на фоне других своей уверенностью, достоинством.

Выводы

Проведенный анализ современных российских и зарубежных источников по проблеме академической мобильности студентов и преподавателей позволил сделать и обозначить следующие выводы.

1. Академическая мобильность и культура международного общения студентов педагогических вузов определяется нами как совокупность ценностей, принципов и правил поведения в общении студентов и преподавателей по отношению к зарубежным участникам в процессе их международной научной и учебной деятельности в условиях Интернет-технологий.

2. Организационно-педагогические условия: использование Интернет-среды для обеспечения международной деятельности студентов; совместное создание информационных учебных и научно-образовательных ресурсов; формирование компонентов культуры международного общения в процессе вебинаров; привлечение к сотрудничеству студентов других вузов, имеющих общие профессиональные интересы, как субъектов международного общения средствами Интернет-технологий,

обеспечивают результативную учебно-научную совместную деятельность вузов-партнеров.

3. Институциональной структурой управления и содержательной международной деятельности вузов разных стран может стать совместная научная лаборатория по близким проблемам науки и образования.

4. Реальной средой академической мобильности студентов и преподавателей и формирования культуры международного научного общения является образовательная программа двудипломной магистратуры, реализуемая вузами на условиях принятых Соглашений.

1. Государственная программа РФ «Развитие образования» на 2013-2020 гг. Утверждено Правительством РФ 22.11.2012 .
2. Государственная программа развития образования республики Казахстан на 2011-2020 гг. Указ президента РК от 7.12.2010 г №1118.
3. Тихомиров В. П. Мир на пути к smart-education. Новые возможности для развития // Специальный выпуск Журнала «Открытое образование», 2011, № 3, с.5-13.

Аңдатпа. *Мақалада оқу үдерісі қатысушыларының халықаралық қарым-қатынас мәдениеті мен өзара әрекеттестігін қалыптастыру шартының бірі ретінде білім алушылардың академиялық ұтқырлығы және оқу орындарының халықаралық іс-әрекеті қарастырылған. Педагогикалық ЖОО студенттерінің академиялық ұтқырлығы моделі мен Ресей мен Қазақстанның халықаралық ынтымақтастық жобаларын жүзеге асыру тәжірибесі ұсынылған. ЖОО арасында белсенді және өнімді бірлескен іс-әрекет үшін қажет ұйымдастырушылық-педагогикалық шарттар анықталған. Аталған шарттарды жүзеге асыру сипатталған. 2013-2014 оқу жылынан бастап жүзеге асырылып келе жатқан қосдипломды магистратура бағдарламасы бойынша магистрлерді бірлесіп дайындау ерекшеліктері баяндалған.*

Түйін сөздер: *академиялық ұтқырлық, халықаралық іс-әрекет, халықаралық ынтымақтастық, қосдипломды магистратура бағдарламасы, Интернет-орта, Интернет-технологиялар.*

Abstract. *The learners' academic mobility and international activity of the institutions as one of the conditions of forming of culture of international communication and interaction of participants of the learning process are considered in the article. An experience of realization of one of the models of pedagogical HEIs' students' academic mobility and projects of international interaction of Russia and Kazakhstan is given. Organizational and pedagogical conditions necessary for active and productive joint activity between HEIs are determined. The realization of these conditions is described. Particularities of the masters' joint training on two diploma magistracy programs which have being realized since 2013-2014 study year is stated.*

Keywords: *academic mobility, international activity, international interaction, program of two diploma magistracy, Internet-environment, Internet-technologies.*

ӘОЖ 37:514:004.738.1 (574)

Е.Ы. Бидайбеков, Б.Ғ. Бостанов, Қ.Ү. Үмбетбаев*

ӘЛ-ФАРАБИДІҢ САЛУ ЕСЕПТЕРІН ЗАМАНАУИ МАТЕМАТИКАЛЫҚ БІЛІМ БЕРУДЕ АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ПАЙДАЛАНЫП ОҚЫТУДЫҢ ӨЗІНДІК ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

(Алматы қ., Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, *- докторант)

Аңдатпа.*Мақалада әл-Фарабидің математикалық мұраларындағы геометриялық салу есептерін заманауи математикалық білім беруге ақпараттық технологияларды пайдалану арқылы оқытудың ерекшеліктері жайында айтылған. Сонымен бірге, әл Фараби бабамыздың геометриялық мұраларын берілген алгоритмдер бойынша орындалған электрондық оқыту құралынан нақты мысалдар келтірілген.*

Түйін сөздер: *Салу есептері, математикалық мұра, циркуль мен сызғышты пайдаланып салу.*

Оқытуды отандық ғалымдардың жаңалықтарымен, оның ішінде, әл Фараби сияқты бабаларымыздан еңбектерімен байланыстыра толықтырып оқу мазмұнын байыту, жастарға соның негізінде патриоттық сезімді сіңіре, оларды ғылыми-әдістемелік зерттеулермен айналыстыру күн тәртібіндегі мәселе екендігі даусыз [1].

Сол себепті біздің зерттеу жұмысымызда, нақты айтқанда, А.Көбесовтің математика тарихы бойынша зерттеулеріндегі әл Фарабидің математикалық мұраларынаның бірі әл Фарабидің геометриялық салулар туралы трактаттары [2] жайында әңгіме болмақ. Бұл трактаттар А. Көбесов дәлелдегендей, әл Фарабидің «Рухани айлалы тәсілдер мен геометриялық фигуралардың табиғи сырлары туралы кітабында» [3]   келтірілген.

Біздің мақсатымыз осында келтірілген геометриялық салуларды, оның ішінде, геометриялық дұрыс көпбұрыштарды салуды А. Көбесовтың «Математическое наследие аль-Фараби» монографиясында [3]   жүргізілген зерттеулерімен ұштастыра отырып, қазіргі заманғы оқытудың әдістері мен ақпараттық технологияларын қолдана отыра, математика мен информатика пәнінен білім беруде тиімді пайдалану жолдарын ашып көрсету.

Мұнда келтірілген салу есептерін пайдаланып геометриялық салулар тақырыбын түсіндіру үлкен жетістіктерге жеткізері сөзсіз. Мысалы, жекеленген дұрыс көпбұрыштарды салу үйретуге қолайлы алгоритмдік тұрғыдан берілуімен қатар, бір ғана дұрыс үшбұрышты салау арқылы одан да жоғары ретті дұрыс көпбұрыштарды салуға болатындығы дәлелденіп, оны орындаудың алгоритмделу мүмкіндігі берілген. Атап айтқанда, осы алгоритмдік тәсілдер А.Көбесов зерттеп ұсынған әл Фарабидің геометриялық салуларын оқытуды ақпараттық технологияларды пайдаланып, электрондық оқыту құралдарын жасап, олардың көмегімен іске асыруға мол мүмкіндік беретіндігі түсінікті. Тағы бір айта кетерлік жағдай, әл Фараби трактатында алгоритмдер дәлелдеулерсіз берілсе, А. Көбесов монографиясында олардың біразының дәлелдеулері келтірілген. Ал бұлардың, дұрыс көпбұрыштарды қарастыру ерекшеліктері мектептерде толық берілмейтіндігін ескерсек, салуларды үйретуде, әсіресе электрондық құралдар көмегімен үйретуде көп дидактикалық көмегі болатындығы сөзсіз.

Біздің президентіміз Н.Ә.Назарбаев айтқандай: «Ғасыр мақсаты – қоғамның нарықтық қарым-қатынасқа көшу кезінде саяси-экономикалық және рухани дағдарыстарды жеңіп шыға алатын, ізгіленген XXI ғасырды құрушы, іскер, өмірге икемді, жан-жақты мәдениетті жеке тұлғаны қалыптастыруға» қол жеткізу. Осы орайда, оқытуды отандық ғалымдардың жаңалықтарымен, оның ішінде, әл-Фараби сияқты бабаларымыздан еңбектерімен байланыстыра толықтырып оқу мазмұнын байыту, жастарға соның негізінде патриоттық сезімді сіңіре, оларды ғылыми-әдістемелік зерттеулермен айналыстыру күн тәртібіндегі мәселе екендігі даусыз. Осы ретте, А.Көбесовтің математика тарихы бойынша зерттеулеріндегі әл-Фарабидің математикалық мұраларынаның бірі геометриялық салуларды, ол жүргізген зерттеулермен ұштастыра отырып, қазіргі заманғы оқытудың әдістері мен ақпараттық технологияларын қолдана отыра, математика мен информатика пәнінен білім беруде тиімді пайдалану жолдарын ашып зерттеу, оны білім беруге ендіру көкейкесті мәселелердің бірі ретінде біздің оқу үдерісімізде магистранттардың қолдауымен жүзеге асырылып, әл Фарабидің басқа да математикалық мұраларын қарастыру жоспарлануда.

Геометрия пәніне мектеп оқушыларының басым көпшілігін қызығушылығы айтарлықтай жоғары емес екендігі баршамызға мәлім. Мұның себептерінің бірі әлі күнге дейін өзінің пәндік ерекшелігіне байланысты бұл пәннің консервативті тұрғыда өтілетіндігі даусыз. Соңғы бір-екі он жылдықта басқа көптеген пәндерді оқыту үдерісінде, ақпараттық технологиялар негізінде оқушылардың пәнді игеруге деген ынтасын арттыру мақсатында айтулы өзгерістер сипат алды. Геометрия пәнінің материалдарының абстрактілі сипаты, ақпараттық технологияларды пайдаланудың аясын едәуір тарылтады.

Осыған байланысты соңғы жылдары қандай да бір геометриялық нысанның өзгерісіне сәйкес басқа геометриялық нысандардың өзгерісін қамтамасыз ететін, компьтерлік бағдарламалық жабдық болып табылатын, интербелсенді геометриялық орталар пайда бола бастады.

Осындай мақсатқа қол жеткізу үшін, Қазақстан Республикасы білім және ғылым министрлігінің қаржыландыруымен, профессор Е.Ы. Бидайбековтың ғылыми жетекшілігі бойынша әл-Фараби бабамыздың математикалық мұралары заманауи тұрғыдан зерттелініп, алынған нәтижелер ақпараттық және коммуникациялық технологияларды пайдаланып оқытуға негізделініп жатқан жайы бар.

Сонымен үшінші «Рухани айлалы тәсілдер мен геометриялық фигуралардың табиғи сырлары туралы кітабының» екінші бөліміндегі (мақалат) зерттелген бірқатар есептерді әл-Фараби берген алгоритм бойынша салу жолымен оларды заманауи математикалық тұрғыдан негіздей отырып қарастыратған болатынбыз. Математикалық тұрғыдан негізделген бірқатар есептерді оқытуға арналған электрондық құралдар жасалынды мәселен, берілген кесінді бойынша дұрыс бесбұрышты циркуль мен сызғыштың көмегімен әл Фараби берген алгоритм бойынша салуды оқытудың электрондық құралының жасалыну жолдары мен нәтижесі туралы айтар болсақ.

Дұрыс бесбұрыш:

Есептің қойылуы: Берілген AB кесіндісі бойынша дұрыс бесбұрыш салу керек. Яғни бесбұрыштың қабырғасы ұзындығы берілген AB кесіндісінің ұзындығына тең болуы керек.

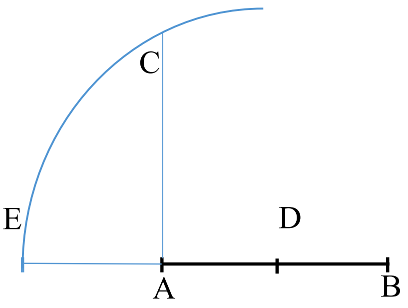
1-қадам. AB кесіндісіне перпендикуляр және ұзындығы AB кесіндісінің ұзындығына тең AC кесіндісін саламыз.

2-қадам. AB кесіндісінің қақ ортасын D деп алып, C мен D нүктелерін қосамыз.

3-қадам. D нүктесін центрі етіп алып, радиусы DC кесіндісіне тең w1 шеңберін саламыз (1-сурет).

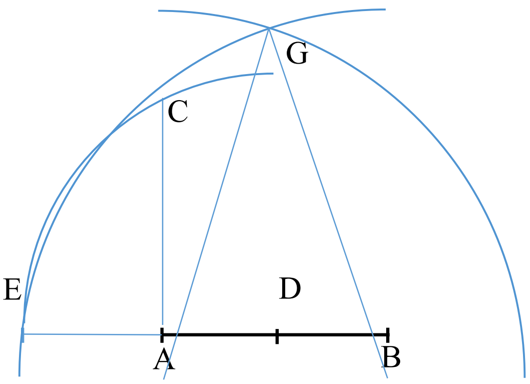
4 -қадам. AB кесіндісін A нүктесінен w1 шеңберімен қыйылысқанша созып, қыйылысу нүктесін E деп белгілейміз. (1-сурет).

5-қадам. Радиустары EB кесіндісіне тең, центрі A нүктесі болатын w2 шеңберін және центрі B нүктесі болатын w3 шеңберін сызамыз.



1-сурет. Алғашқы үш қадамның нәтижесі

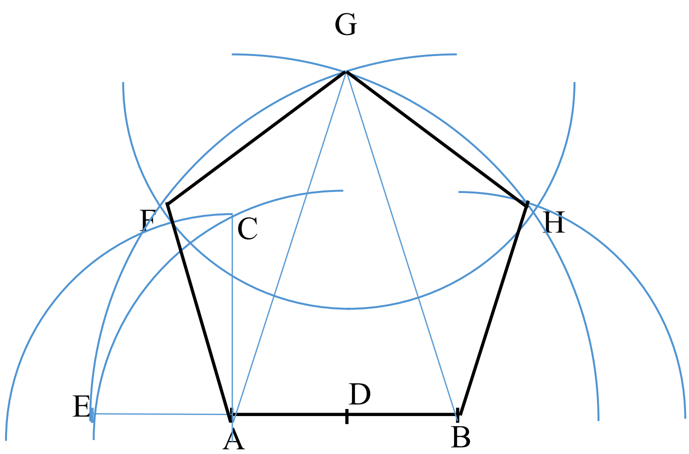
6-қадам. w3 пен w2 шеңберлерінің қыйылысу нүктесін G деп белгілеп, ABG тең бүйірлі үшбұрышын аламыз (2-сурет).



2-сурет. Алғашқы алты қадамның нәтижесі

7-қадам. B және G нүктелерін центрлері етіп алып, радиусы AB кесіндісіне тең w4, w5 шеңберлерін сызып, олардың қыйылысу нүктесін H деп аламыз.

8-қадам. A нүктесін центрі етіп алып, радиусы AB кесіндісіне тең w6 шеңберін сызып, оның w5 шеңберімен қыйылысу нүктесін F деп аламыз.



3-сурет. Дұрыс бесбұрыш

Ал, берілген алгоритм бойынша EB = AG. Берілген кесіндінің ұзындығын a деп алатын болсақ:

EB = ED + a/2 (2.2)

ED2 = (a/2)2+a2(2.3)

Бұл теңдіктерден шығатыны:

EB = $\frac{a}{2}(1 + \sqrt{5})$ (2.4)

Қабырғасы а-ға тең дұрыс бесбұрыш бар деп есептеп, оның AG қабырғасына сәйкес қабырғасын анықтайтын болсақ:

AG = 2a

sin540^o = $\frac{a}{2}(1 + \sqrt{5})$(2.5)

Яғни берілген алгоритм бойынша сызылған бесбұрыш дұрыс бесбұрыш болып табылады.

Ал, енді планиметрия курсының салу есептеріне қатысты айтатын болсақ, циркуль мен сызғышты қолданып геомтриялық салу есептеріне байланысты арнайы интербелсенді геометриялық ортаны кездестіре алмадық. Жоғарыда аталған және тағы сол сияқты орталардың бәрі жалпы геометрия курсына арналғандықтан, ол орталарды пайдаланып, циркуль мен сызғышты пайдаланып салу үдерістерін толыққанды жүзеге асыру мүмкін емес. Әрине, салу есебіне байланысты, соңғы нәтиже ретінде сызбаны көрсетуге болады, бірақ геометриялық салудың өзіндік ерекшеліктерінің бәрін қамтуды қамтамасыз ете алмаймыз. Сондықтан да циркуль мен сызғыш арқылы жүзеге асатын геометриялық салуды ақпараттандыруды, яғни арнай интербелсенді геометриялық орта арқылы өтілетін оқу үдерісін, геометриялық білім беруді ақпараттандырудың бастамасы ретінде қабылдауға болады [4,5,6].

Ал, өз кезегінде геометриялық салу есептерін игеру барысында оқушылар тек қана таза геометриялық ұғымдармен ғана емес, алғашқы математикалық түсініктер пайда болу үдерістерінен хабар бола бастайды. Яғни, бұл тұрғыдан айтатын болсақ, циркуль мен сызғышты пайдаланып орындалатын салу есептерін ақпараттандыруды математикалық білім беруді ақпараттандырудың бастамасы ретінде қарастыра аламыз.

Осы мәселелер төңірегінде бүкіл дүниежүзілік математикалық конгрессте, Краков қаласы, Польша, 2013 жылдың 5-9 тамызында «А.Кубесовтың «Әл-Фарабидің математикалық мұралары» білім берудің қазіргі жағдайында» атты баяндама жасалынып, шет елдік конгресске қатысушылардың көкейінен шыққандығын және 1 маусым 2015 жылы Қазақстан Республикасы, Ғылым академиясы, Математика және математикалық модельдеу институтының 50 жылдығына арналған «Актуальные проблемы математики и математического моделирования» атты Халықаралық ғылыми конференцияда да (баяндамашылар: Е.Ы. Бидайбеков, Б.Г. Бостанов) тыңдаушылардың оң бағасын алғандығын атап өткен жөн.

1. Бидайбеков Е.Ы., Камалова Г.Б., Бостанов Б.Ғ., Джанабердиева С.А. Әл-Фарабидің математикалық мұралары заманауи білім беру аясында // ВЕСТНИК КазНУ, Серия философия. Серия культурология. Серия политология, №2/1 (51),Алматы, «Қазақ университеті», 2015, С 443-447.
2. Аль-Фараби, Математические трактаты. – Алма-Ата, 1972.
3. Кубесов А. Математическое наследие ал-Фараби. Алма-Ата: Наука, 1974.
4. Бидайбеков Е.Ы., Джанабердиева С.А. Образовательные аспекты труда аль-Фараби по геометрическим задачам на построения // сборник VII Международной научно-практической конференции «Информация и образование: границы коммуникаций» INFO'15, г. Горно-Алтайск (РФ), 5-8 июль 2015 г.
5. Джанабердиева С.А., Бостанов Б.Г. Возможности разработки обучающих электронных пособии по задачам на построения правильных семиугольников по аль-Фараби // сборник VII Международной научно-практической конференции

«Информация и образование: границы коммуникаций» INFO'15, г. Горно-Алтайск (РФ), 5-8 июль 2015 г.

6. Джанабердиева С.А., Камалова Г.Б. Возможности разработки мультимедийных образовательных ресурсов по задачам на построение правильного пятиугольника по аль-Фараби // сборнике VII Международной научно-практической конференции «Информация и образование: границы коммуникаций» INFO'15, г. Горно-Алтайск (РФ), 5-8 июль 2015 г.

Аннотация. *В статье рассказывается об особенностях обучения геометрических построений в математических наследиях аль - Фараби в современном математическом образовании, используя информационные технологии. Наряду с этим приводятся конкретные примеры образовательного электронного учебника по представленным алгоритмам геометрического наследия аль Фараби.*

Ключевые слова: *Задачи построения, математическое наследие, построение с помощью циркуля и линейки.*

Abstract. *The features of learning of geometric constructions in the mathematical heritage of al-Farabi in modern mathematics education using information technologies are considered in the article. Along with this, examples of educational electronic textbook on the given algorithms of al-Farabi's heritage are given.*

Keywords: *construction problems, mathematical heritage, construction with help of compass and ruler.*

УДК 681.3

С.Н. Боранбаев, А.Б. Нурбеков

СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

(г.Астана, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева)

Аннотация. *Статья посвящена разработке информационной системы для построения оптимальной модели производственной функции для моделирования функционирования обрабатывающей промышленности Республики Казахстан. Из построенных и определенных на первом этапе несколько моделей производственных функции выбирается оптимальная. Построенная оптимальная производственная функция может быть использована для прогнозирования значений валового внутреннего продукта на основе известных или ожидаемых уровней капитала и затрат на заработную плату.*

Ключевые слова: *модель, метод, моделирование, прогнозирование, производственная функция, капитал.*

1.Введение

Производственный процесс – это основное и первоначальное понятие экономики. Все, необходимое для организации процесса производства называют факторами производства. Традиционно к факторам производства относят капитал, труд, землю и предпринимательство [1]. Для организации производственного процесса необходимые факторы производства должны присутствовать в определенном количестве. Зависимость максимального объема производимого продукта от затрат используемых факторов описывается производственной функцией. С помощью производственных функций решаются задачи: оценки отдачи ресурсов в производственном процессе; прогнозирования экономического роста; разработки вариантов плана развития производства; оптимизации функционирования хозяйственной единицы при условии заданного критерия и ограничений по ресурсам.

Исторически одними из первых работ по построению и использованию производственных функций были работы по анализу сельскохозяйственного производства в США. В 1909 г. Mitcherlih предложил нелинейную производственную функцию: удобрения – урожайность. Независимо от него Spillman предложил показательное уравнение урожайности. На их основе был построен ряд других агротехнических производственных функций. Опыт использования производственных функций в сельском хозяйстве показал, что максимизация надоев молока, привеса животных и других натуральных показателей продуктивности не совпадает, как правило, с максимизацией экономических показателей (прибыли, себестоимости), т.е. натурально-вещественный оптимум и экономический по существу своему различные понятия.

В 1928 г. Cobb и Douglas на основе данных по обрабатывающей промышленности США за период 1899–1922 гг. (несельскохозяйственные отрасли) представили свою производственную функцию. Это была первая эмпирическая производственная функция, построенная по данным временных рядов.

В 1928 г. Ramsey предложил упрощенную модель, в которой дается не только описание долгосрочного роста, но и ставится проблема определения его оптимального варианта. Модель интересна тем, что по существу она являлась предвестницей оптимизационного подхода к проблемам экономического роста [2].

Производственной функцией называется аналитическое соотношение, связывающее переменные величины затрат (факторов, ресурсов) с величиной выпуска продукции. При этом модель может быть построена как для отдельной фирмы и отрасли, так и всей национальной экономики. Рассмотрим производственную функцию, включающую два фактора производства: затраты капитала (K) и трудовые затраты (L), определяющих объем выпуска Q. Тогда можно записать:

$$Q = f(K,L) \tag{1}$$

Производственные функции позволяют определять средние и предельные показатели, характеризующие производственный процесс: средние отдачи ресурсов; предельные отдачи ресурсов; коэффициенты эластичности выпуска по ресурсам; предельные нормы замещения ресурсов; коэффициенты эластичности замещения ресурсов.

2. Методика

Работа посвящена моделированию отраслей обрабатывающей промышленности Казахстана с помощью производственных функции. Будем пользоваться некоторыми обозначениями и терминологией, принятыми в работах [3-4].

На первом этапе информационная система на основе реальных данных строит модели производственных функции для каждой из отраслей обрабатывающей промышленности. Вычисляются параметры моделей на основе известных экономических данных до 2013 года включительно. После построения производственных функции для каждой из отраслей обрабатывающей промышленности, информационная система делает регрессионный анализ данных. На основе этого анализа выбираются четыре производственные функции для каждой из отраслей.

На втором этапе, в качестве начальных данных берутся экономические показатели отраслей обрабатывающей промышленности до 2010 года включительно, и на основе этих данных строятся соответствующие дополнительные модели для четырех производственных функции, выбранных на первом этапе.

На третьем этапе, по дополнительным моделям строятся прогнозные значения объема выпуска за 2011-1013. Далее, прогнозные значения сравниваются с реальными данными, и на основе этого сравнения выбирается оптимальная модель производственной функции для каждой из отраслей. Далее, эти выбранные модели можно использовать для прогнозирования функционирования отраслей обрабатывающей промышленности.

3. Результаты

Процесс построения моделей производственных функции автоматизирован и производится с помощью разработанной информационной системы. В базе данных хранится информация по отдельным отраслям промышленности. Работу информационной системы покажем на примере отрасли электроэнергетика. На рисунке 1 приведено окно интерфейса информационной системы, позволяющее добавить отрасль, удалить отрасль, импортировать данные из базы данных и некоторые другие операции. На рисунке 2 показаны результаты расчетов информационной системы по модели линейной производственной функции:

$$F = a_0 + a_1 K + a_2 L \,, \qquad (2)$$

где K – затраты капитала; L – расходы по заработной плате. Функция неувязок имеет вид:

$$\sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^{n} \left[Y_i - (a_0 + a_1 K_i + a_2 L_i) \right]^2 \to \min_{a_0, a_1, a_2} \qquad (3)$$

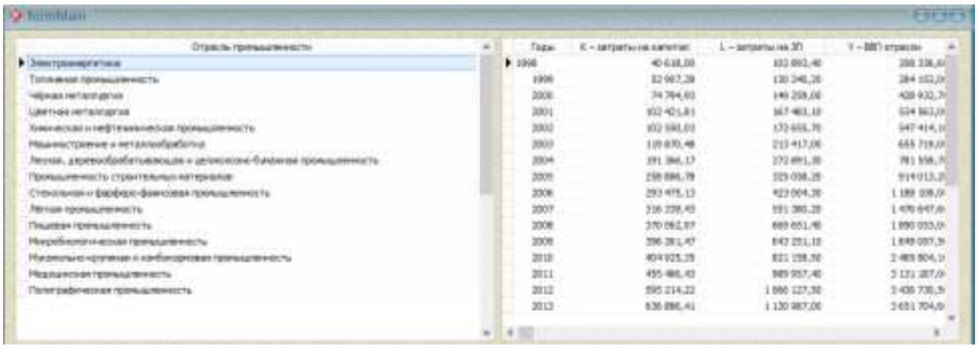


Рисунок 1 - окно интерфейса информационной системы, позволяющее добавить отрасль, удалить отрасль, импортировать данные из базы данных.

С помощью информационной системы строится модель производственной функции. В результате получаем, что функция неувязок достигает минимума при a_0 = -0,00003; a_1 = -0,857; a_2 = 3,542.

Применительно к нашим данным модель линейной производственной функции будет иметь вид:

$$F = -0{,}00003 - 0{,}857K + 3{,}542L \qquad (4)$$

В результате проведенного регрессионного анализа данных с помощью информационной системы получаем следующие показатели:
коэффициент детерминации – 0,9928; стандартная ошибка – 101 796,94; сумма квадратов отклонений – 190 638 377 603,9.

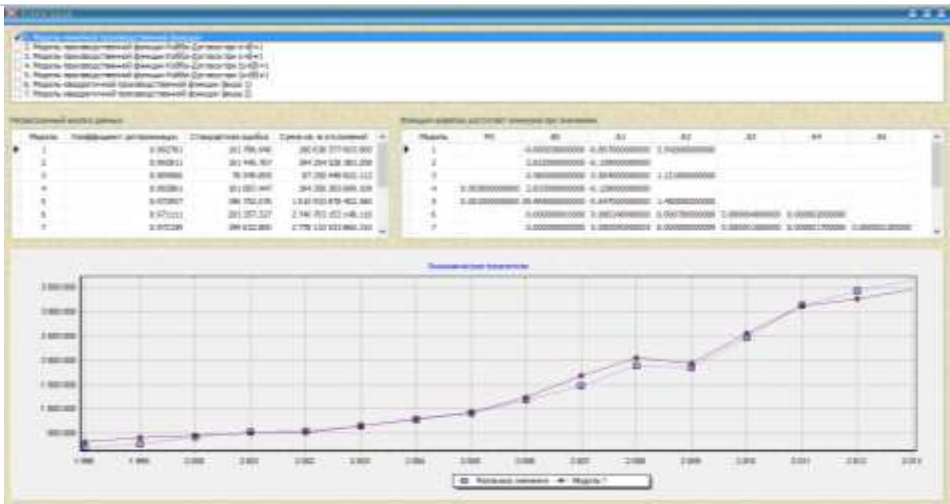


Рисунок 2 - результаты расчетов по модели линейной производственной функции.

На рисунке 3 показаны результаты расчетов по модели производственной функции Кобба-Дугласа при α+β=1.

Построим производственную функцию Кобба-Дугласа вида:

$$F = AK^{\alpha}L^{\beta}, \tag{5}$$

где K – затраты капитала; L – расходы по заработной плате, при α+β=1. И функция неувязок имеет вид:

$$\sum_{i=1}^{n}\varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^{n}\left[Y_i - (\mathrm{a}_0 K_i^{a_1} L_i^{(1-a_1)})\right]^2 \to \min_{a_0, a_1} \tag{6}$$

С помощью информационной системы строится модель производственной функции. В результате получаем, что функция неувязок достигает минимума при a_0 = 2,822; a_1 = -0,139.

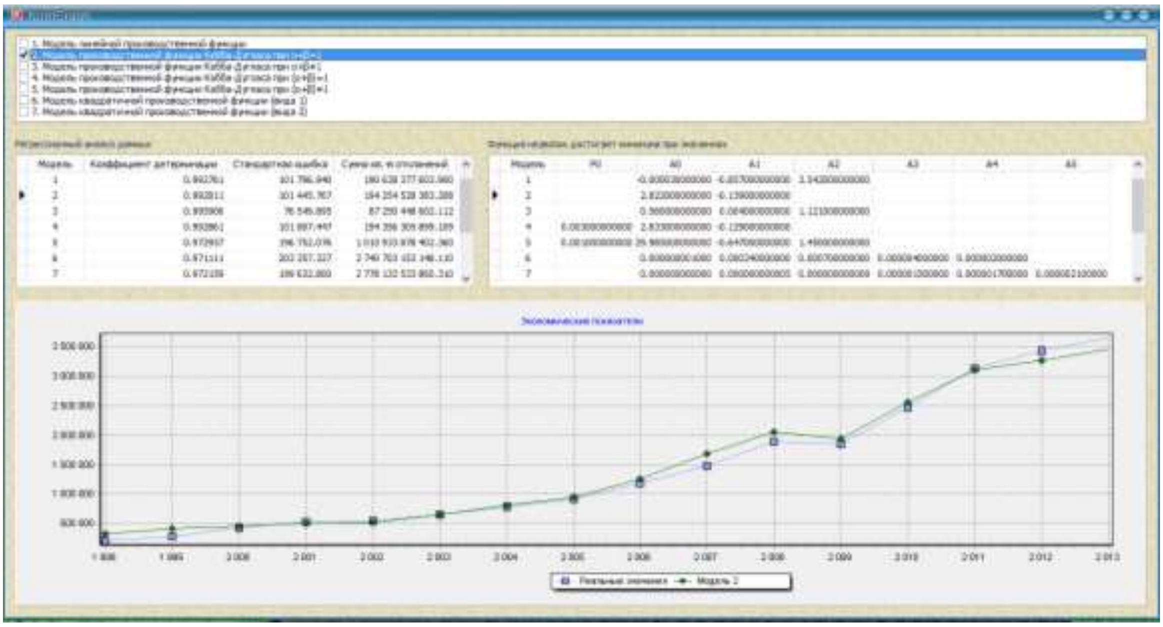


Рисунок 3 - результаты расчетов по модели производственной функции Кобба-Дугласа при α+β=1.

Применительно к нашим данным модель производственной функции Кобба-

Дугласа при α+β=1 будет иметь вид:

$$F = 2{,}822K^{-0{,}139}L^{1{,}139} \qquad (7)$$

В результате проведенного регрессионного анализа данных с помощью информационной системы получаем следующие показатели:
коэффициент детерминации – 0,9928; стандартная ошибка – 101 445,767; сумма квадратов отклонений – 194 256 523 640,535.

На рисунке 4 показаны результаты расчетов по модели производственной функции Кобба-Дугласа при α+β≠1.

Построим производственную функцию Кобба-Дугласа вида:

$$F = AK^{\alpha}L^{\beta}, \qquad (8)$$

где K – затраты капитала; L – расходы по заработной плате, при α+β≠1. И функция неувязок имеет вид:

$$\sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^{n} \left[Y_i - (\mathrm{a}_0 K^{a_1} L^{a_2})\right]^2 \rightarrow \min_{a_0, a_1, a_2} \qquad (9)$$

С помощью информационной системы строится модель производственной функции. В результате получаем, что функция неувязок достигает минимума при a_0 = 0,56; a_1 = 0,004; a_2 = 1,121.

Применительно к нашим данным модель производственной функции Кобба-Дугласа при α+β≠1 будет иметь вид:

$$F = 0{,}56K^{0{,}004}L^{1{,}121} \qquad (10)$$

В результате проведенного регрессионного анализа данных с помощью информационной системы получаем следующие показатели:
коэффициент детерминации – 0,9959; стандартная ошибка – 76 549,895; сумма квадратов отклонений – 87 250 448 602,112.

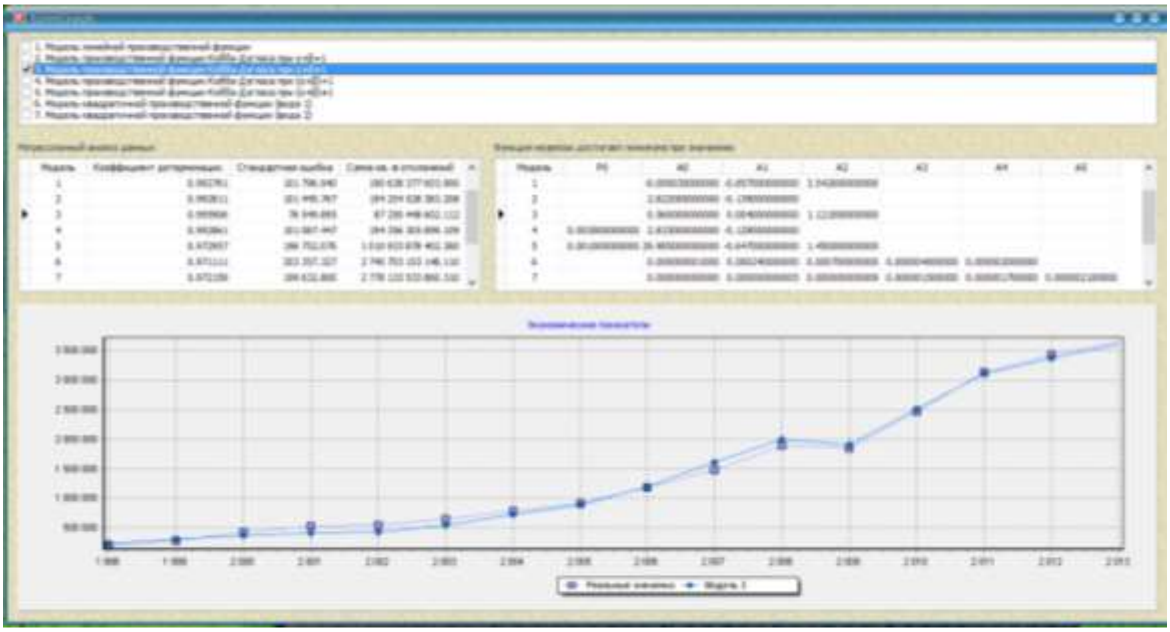


Рисунок 4 - результаты расчетов по модели производственной функции Кобба-Дугласа при α+β≠1.

Информационная система позволяет делать аналогичные расчеты по остальным моделям производственных функции для всех отраслей, для которых имеется соответствующая информация в базе данных.

На рисунке 5 приведены результаты расчетов по 7 моделям производственных функции.

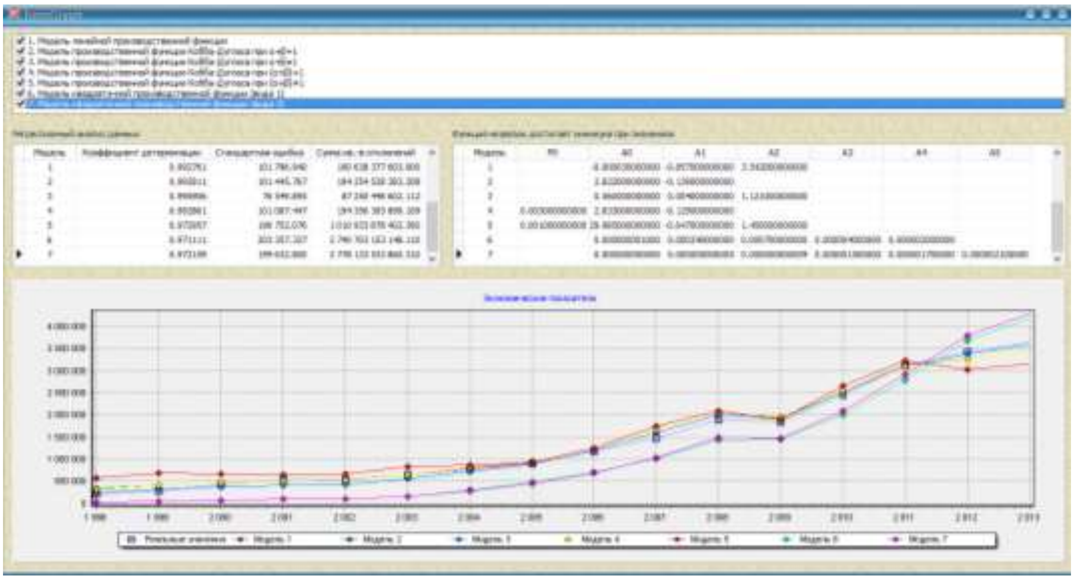


Рисунок 5 - результаты расчетов по 7 моделям производственных функции.

После построения моделей производственных функции, информационная система делает регрессионный анализ, с целью выбора оптимальной модели.

Результаты регрессионного анализа данных приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты регрессионного анализа данных

Модель производственной функции	Коэффициент детерминации	Стандартная ошибка	Сумма квадратов отклонений
Линейная	0,9927608	101 796,940	190 638 377 603,900
Кобба-Дугласа при $\alpha+\beta=1$	0,9928107	101 445,767	194 254 528 383,208
Кобба-Дугласа при $\alpha+\beta\neq1$	0,9959064	76 549,895	87 250 448 602,112
Кобба-Дугласа с учётом НТП при $\alpha+\beta=1$	0,9928614	101 087,447	194 356 305 899,109
Кобба-Дугласа с учётом НТП при $\alpha+\beta\neq1$	0,9729569	196 752,076	1 010 933 878 402,360
Квадратичная (вид 1)	0,9711106	203 357,327	2 740 703 153 148,110
Квадратичная (вид 2)	0,9721592	199 632,800	2 778 133 533 860,310

Критерий выбора следующий: наибольшее значение коэффициента детерминации, наименьшая ошибка и наименьшая сумма квадратов отклонений.

Как видно из таблицы 1, производственная функция Кобба-Дугласа при $\alpha+\beta\neq1$ больше всех подходит под указанные критерии выбора. Кроме того, еще три модели производственной функции также удовлетворяют критериям выбора:

• линейная
• Кобба-Дугласа при $\alpha+\beta=1$
• Кобба-Дугласа с учётом НТП при $\alpha+\beta=1$

Именно эти 4 модели были рассмотрены на втором этапе выбора оптимальной модели. Вторым этапом выбора оптимальной модели является построение дополнительных моделей на основе моделей, выбранных по итогам первого этапа.

Далее информационная система строит дополнительные модели и выбирает оптимальную модель производственной функции для выбранной отрасли.

Результаты построения дополнительных моделей приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты построения дополнительных моделей

Модель производственной функции	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Линейная	2 885 482,113	3 068 344,909	3 252 970,039
Кобба-Дугласа при α+β=1	2 885 365,842	3 064 211,235	3 248 603,857
Кобба-Дугласа при α+β≠1	2 905 541,562	3 118 900,463	3 313 528,523
Кобба-Дугласа с учётом НТП при α+β=1	2 887 474,541	3 066 110,001	3 250 600,810
Реальные данные	3 131 187	3 436 730,5	3 651 704,6

Как видно из таблицы 2, значения модели производственной функции Кобба-Дугласа при $\alpha+\beta\neq1$ наиболее близки к реальным данным. Таким образом, для данной отрасли выбирается эта модель.

4. Обсуждение

Полученная модель может быть использована для прогнозирования будущих значений валового внутреннего продукта на основе известных или ожидаемых уровнях капитала и затрат на заработную плату.

В рассмотренном выше случае, процесс производства описывается с помощью производственной функции:

$$F = 0{,}56K^{0{,}004}L^{1{,}121}$$

Степень однородности этой производственной функции $\gamma = 0{,}004 + 1{,}121 = 1{,}125$. Это означает, что при увеличении капитальных и трудовых затрат в λ раз объем производства увеличится в $\lambda^{1{,}125}$ раз, что характерно для развивающейся экономики. Экономика Республики Казахстан как раз к таковой и относится.

5. Заключение

Разработанная информационная система позволяет построить оптимальную модель производственной функции для каждой из отраслей. Далее, эти выбранные модели можно использовать для прогнозирования значений валового внутреннего продукта.

Также, информационная система позволяет оценивать основные характеристики выбранной производственной функции для способа производства при различных значениях L и K. В частности, позволяет вычислять такие показатели: производительность труда, фондоотдача (капиталоотдача), эластичность по капиталу и труду, предельная производительность труда и капитала, предельная норма замещения труда капиталом,

1. Иванилов Ю.П. Математические модели в экономике. – М.: Наука, 1999 – 303 с.
2. Ramsey F.P. A mathematical theory of savings // The Economic Journal. 1928. Vol. 152. No. 38. pp. 543-559.
3. Boranbayev S.N., Nurbekov A.B. Mathematical model of the manufacturing industry of the republic of Kazakhstan. Proceedings of the 2015 International Conference on Modeling,

Simulation and Visualization Methods, Las Vegas, Nevada, USA, July 27-30, 2015, p.48-52.
4. Боранбаев С.Н., Нурбеков А.Б. Методология проектирования информационных систем. Труды II Международной научно-практической конференции «Интеллектуальные информационные и коммуникационные технологии – средство осуществления третьей индустриальной революции в свете Стратегии «Казахстан – 2050». – 2014, с.501-505.

Аңдатпа. *Мақала Қазақстан Республикасының өңдеу өндірісін математикалық моделдейтін өндіріс функцияларды құрып олардың ішінен оптималды моделін таңдауға арналған. Бірінші кезеңде құрылған бір неше өндіріс функциялардың моделдерінін ішінен оптималды модель таңдалады. Құрылған оптималды өндіріс функцияның моделін берілген капитал және жалақыны қолданып өңдеу өндірісінің параметрлерін болжамдауға пайдалануға болады.*
Түйін сөздер: *модель, әдіс, моделдеу, болжалау, өндіріс функциясы, капитал.*

Abstract. *This paper reviews the construction of production functions for simulating the operation of the manufacturing industry of the Republic of Kazakhstan. Several production function models were developed. Economic indicators of manufacturing industry of Kazakhstan were calculated on the considered production functions as well as the most appropriate for the industry were determined.*
Keywords: *model, method, modeling, forecasting, production function, capital.*

УДК 378

В.В. Гриншкун

ОБ УЧАСТИИ И РОЛИ ПЕДАГОГОВ В СОВМЕСТНОМ СОЗДАНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗДАНИЙ И РЕСУРСОВ

(Россия, г.Москва, Московский городской педагогический университет)

Аннотация. В статье обсуждаются подходы к коллективной разработке образовательных электронных изданий и ресурсов, описываются возможности разделения труда специалистов и участия педагогов в коллективных разработках.
Ключевые слова: образовательные электронные издания и ресурсы, информатизация образования, творческие коллективы, разделение труда

Во многих предшествующих публикациях, посвященных информатизации образования, особенностям разработки и использования образовательных электронных изданий и ресурсов отмечалось, что создание достаточно профессиональных и эффективных электронных средств обучения практически не под силу одному человеку, будь-то педагог, программист или дизайнер [1,2,3]. Современные электронные издания и ресурсы являются достаточно сложными «механизмами», для создания которых необходим совместный труд большого количества специалистов. Это связано и с тем, что с каждым годом становятся сложнее информационные и телекоммуникационные технологии, появляются новые содержательные и методические подходы, ужесточаются требования к дизайну и эргономике образовательных электронных изданий и ресурсов.

В то же время коллективное создание средств обучения, когда к такому творческому процессу подключаются различные специалисты, не может обходиться без педагога. Становится очевидным, что современный педагог должен понимать и осознавать свою роль в общей технологической цепочке создания и применения высокоэффективных электронных средств обучения.

До сих пор не сложилось четкого однозначного мнения о составе и перечне функций творческого коллектива, создающего образовательные электронные ресурсы, о ролях и возможностях специалистов, входящих в его состав. В рамках настоящей статьи возможно только лишь описание нескольких подходов к формированию творческих коллективов, занимающихся разработкой средств обучения.

Очевидно, что создание образовательных электронных изданий и ресурсов должно осуществляться с опорой на системное использование знаний об эффективной образовательной деятельности. Создаваемые средства должны учитывать специфику реализуемых методических систем обучения, отвечать потребностям системы подготовки кадров в использовании различных средств информатизации образования.

Процесс проектирования и создания образовательных электронных изданий и ресурсов – это четко описанные процедуры, сгруппированные в рамках нескольких последовательных этапов. Производственный цикл создания и применения таких ресурсов может состоять из пяти основных этапов:

1. *Анализ*, в ходе которого обосновывается необходимость обучения за счет изучения потребностей, целей обучения, определения средств и условий будущей учебной работы;
2. *Проектирование,* включающее подготовку планов, разработку моделей, выбор основных подходов к разработке, составление сценариев;
3. *Разработка,* представляющая собой собственно создание конкретного ресурса с учетом ранее описанных планов, моделей и сценариев;
4. *Применение,* заключающееся в непосредственном использовании образовательного электронного ресурса в ходе обучения и воспитания;
5. *Оценка*, в рамках которой оцениваются результаты образовательной деятельности, делаются выводы о качестве средства обучения, а результаты оценки используются в качестве рекомендаций по совершенствованию образовательных электронных ресурсов.

Каждый из перечисленных пяти этапов, в свою очередь, разбивается на несколько шагов. Разработчики электронных ресурсов, которые используют описанные процедуры в своей работе, должны стремиться следовать этим этапам.

Важно понимать, что деятельность, осуществляемая в соответствии с подобными правилами, сама по себе, конечно же, не гарантирует, что будет создан высококачественный образовательный электронный ресурс. Однако нарушение этих процедур, скорее всего, приведет к появлению неэффективного средства информатизации образования. Без соблюдения подобных шагов с учетом их последовательности наладить коллективное массовое производство образовательных электронных изданий и ресурсов практически невозможно.

Специалист, занимающийся созданием таких ресурсов, должен учитывать необходимость решения таких задач, как:

- анализ целевой аудитории (учащиеся);
- анализ компетенций и ожидаемых результатов обучения;
- анализ и структурирование учебного материала;
- отбор средств обучения;
- определение используемых методов обучения;
- разработка методов оценки;
- разработка стиля оформления учебного материала;
- оказание методической помощи авторам учебного материала;
- редактирование подготовленных материалов;
- оценка эффективности применения электронного ресурса в ходе образовательной деятельности.

Последовательность решения перечисленных задач задает естественный порядок выполнения работы специалистов, занимающихся созданием образовательных электронных ресурсов. При таком подходе коллектив разработчиков должен включать в себя, как минимум, четыре специалиста:

- руководителя проекта;
- педагога;
- разработчика интерфейса;
- программиста.

В этом случае процесс коллективной разработки образовательных электронных ресурсов состоит из пяти этапов:

1. Описание целей и условий обучения;
2. Разработка сценария;
3. Подготовка бета-версии учебных материалов;
4. Оценка качества образовательного электронного ресурса и его доработка по результатам подобной оценки;
5. Сопровождение и развитие образовательного электронного ресурса.

Существуют и другие подходы к разработке образовательных электронных изданий и ресурсов и формированию творческих коллективов, занимающихся созданием средств информатизации образования. Специалистами предложен метод разработки образовательных электронных ресурсов, названный методом теоретических образов. Этот метод обеспечивает возможность синтетического наглядно-образного и вербально-логического представления учебной информации при интерактивном процессе обучения. Предлагается технология создания образовательных электронных ресурсов, основанная на применении метода теоретических образов, при использовании которой учебная информация развертывается, обобщается и интегрируется постепенно по мере поступления запросов от учащегося.

При таком подходе выделяют следующие этапы разработки образовательных электронных изданий и ресурсов:

1. Формирование творческого коллектива;
2. Определение целей и содержания обучения;
3. Разработка психолого-педагогического сценария;
4. Программная реализация образовательного электронного ресурса;
5. Тестирование и отладка разработанного образовательного электронного ресурса;
6. Разработка сопроводительной документации.

В этом случае процесс разработки средства информатизации образования носит итерационный характер.

Формирование творческого коллектива из числа специалистов разного профиля способствует решению задачи проектирования образовательного электронного ресурса как комплексной целостной обучающей программной системы. Разработка на должном уровне такого многофункционального средства силами только одного преподавателя – методиста затруднительна.

При создании образовательных электронных ресурсов необходимо учитывать собственно педагогические аспекты, психологию познавательных процессов, возрастную психологию, эргономические требования, владеть современными приемами программирования, иметь художественный вкус. Это еще раз доказывает необходимость формирования творческих коллективов, создающих средства обучения и включающих в себя специалистов разного профиля.

В наилучшем варианте в такой творческий коллектив должны входить:

- ведущий педагог – специалист в области дидактики, владеющий наиболее общими закономерностями процесса обучения;

- педагог – методист, являющийся специалистом в области преподавания конкретной учебной дисциплины;
- психолог, специализирующийся в области психологии познавательных процессов и возрастной психологии;
- программист;
- специалист в области лингвистики, корректор;
- специалист в области эргономики и дизайна.

Педагоги и психологи, являющиеся специалистами в области обучения тем или иным дисциплинам, а также в области психологии познавательных процессов, как правило, не имеют представления о порядке создания средств информатизации образования, о «механизмах работы таких средств». Необходимо учитывать, что во многих случаях непосвященный человек представляет себе процесс работы компьютера похожим на мыслительную деятельность человека. Не специалисту не очевидно, что специфика работы компьютера несравнима с деятельностью человека, что логика его действий иная, и что компьютерной технике необходимо детализировать каждый шаг. В связи с этим эксперту или методисту-педагогу очень сложно составить такой педагогический сценарий, который хорошо бы ложился в основу компьютерной реализации образовательных электронных ресурсов. В свою очередь, программист, далекий от предметной или образовательной области, для которой создается средство информатизации, часто не представляет сущности рассматриваемых вопросов и глобальных задач образования, решаемых за счет создания электронного издания или ресурса.

В итоге создаются образовательные электронные ресурсы, которые просто копируют содержание традиционных учебников и отличаются от них только тем, что предлагают учащемуся возможность быстрого обращения к той или иной учебной теме и банк вопросов с заранее заготовленными ответами. При этом потенциальные возможности, предоставляемые компьютерной техникой и современным программным обеспечением, реализуются далеко не в полной мере.

В этой ситуации может пригодиться помощь специалиста, который выступит в роли посредника между педагогом-экспертом и программистом.

Таким образом, для проведения профессиональных разработок в состав коллектива создателей образовательных электронных изданий и ресурсов должны включаться программисты, художники, звукооператоры, операторы, специалисты-консультанты, методисты-предметники, редакторы, дизайнеры учебного материала. Очевидно, что работа в составе такого творческого коллектива требует от педагога многосторонних знаний и умений, что в свою очередь, влечет за собой необходимость выстраивания соответствующей системы подготовки и переподготовки педагогов.

1. Кузнецов А.А., Григорьев С.Г., Гриншкун В.В. Образовательные электронные издания и ресурсы: методическое пособие. М.: Дрофа, – 2009, 156 с.
2. Григорьев С.Г., Гриншкун В.В. Информатизация образования. Фундаментальные основы. // Учебник для студентов педагогических вузов и слушателей системы повышения квалификации педагогов. / Томск: Изд-во «ТМЛ-Пресс», – 2008, 286 с.
3. Гриншкун В.В. Подготовка педагогов к применению электронных ресурсов для обучения информатике студентов вузов. // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия информатика и информатизация образования. / М.: МГПУ, – 2009, № 1(17). С. 29-34.

Аңдатпа. *Мақалада білім беру электрондық басылымы мен ресурстарын ұжымдық дайындау тәсілдері талқыланады, мамандардың еңбектерін бөлу мүмкіндіктері мен*

педагогтардың ұжымдық дайындауға қатысу мүмкіндіктері сипатталады.

Түйін сөздер:*білім беру электрондық басылымы мен ресурстары*, білім беруді *ақпараттандыру, шығармашылық ұжым, еңбекті бөлу.*

Abstract. The article discusses approaches to the collective development of educational electronic editions and resources, describes the possibility of the division of labor experts and the participation of teachers in collaborative development.

Keywords: electronic publications and educational resources, information education, creative teams, the division of labor.

ӘОЖ 519.832.2

Ф.Р. Гусманова, М.А. Скиба, А.Т. Турганбаева

БІЛІМ БЕРУДЕГІ БАСҚАРЫЛАТЫН ШЕШІМ: МАҢЫЗДЫЛЫҒЫ, ЖІКТЕЛУІ ЖӘНЕ ҚАБЫЛДАУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

(әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Т.Рысқұлов атындағы Жаңа экономикалық университеті)

Аңдатпа. *Мақалада білім берудегі басқарылатын шешімнің маңыздылығы ашылады. Олардың жіктелуі мен шешімді қабылдау технологиясы келтіріледі. Басқарылатын шешімді дайындаудың кезеңдері қарастырылған. Шешімді дайындау және қабылдау үрдісін қиындадатын мезет көрсетіледі. Авторлар шешімді қабылдауды дайындау үрдісінде тиімділікті қамтамасыздандыру үшін ұсыныстар ұсынады.*

Түйін сөздер: *басқарылатын шешім, шешімді қабылдау, шешімді қабылдау технологиясы, жоғары оқу орыны.*

Үздіксіз білім беру жүйесі мен халықаралық білім беру кеңістігіндегі жоспарлы бірігу білім беру жүйесін басқаруға жаңа тәсілдерді талап етеді. Қазақстанның бәсекеге қабілетті 50 елдің қатарына енуі туралы ҚР Президенті қойған мәселені жүзеге асыру білім беру үрдісін ұйымдастыруда сапалы өзгерістердің қажеттілігін көрсетеді. Білім беру қызметінің нәтижелерін мониторингілеу туралы, үздіксіз білім беру жүйесін басқару жағдайы туралы кешенді және анықталған мәліметтерді қоғамға уақытында жеткізу Қазақстанның Дүниежүзілік Сауда Ұйымына енуінің, ауқымды білім беру кеңістігіне бірігу, әлеуметтік саланы ақпараттандыру, электрондық үкіметті дамыту саясында қоғамның әлеуметтік сұранысының нәтижесі ретінде пайда болды.

Шешімді таңдау туралы мәселелер қарастырылатын көптеген әлеуметтік-экономикалық жағдайлардың (әсіресе нарықтық экономика кезінде) әрқайсысы өзінің мақсатына жету үшін әр түрлі тәсілдермен әрекет ету мүмкіндігі бар, кейбір жағдайларда таңдаулары тайталас жақтардың әрекеттерінен тәуелді әр түрлі қызығушылықтарымен (кей жағдайда қарама-қарсы) кем дегенде екі жақ қатысатындай қасиетті қамтиды. Мұндай жағдайлар *дау-жанжал* деп аталады. Дау-жанжал жағдайы

1) қызығушы жақтардың жиыны (тұтынушылар, фирмалар, жеке елдер, әр түрлі кеден, сауда, қаржы және экономикалық одақтары, жеке адамдар және т.т.);

2) әрбір жақтың мүмкін болатын әрекеттері (тұтыну көлемін таңдау, дивиденттік саясатты таңдау, инвестициялық қоржынды іріктеудің әр түрлі тәсілдері, ұлттық нарыққа саяси немесе экономикалық түсінік бойынша кейбір тауарларды жібермеу және т.т.);

3) қарама-қарсы жақтардың мүддесі (әр түрлі саяси, қаржы, экономикалық сұраныстарды қанағаттандыру, монополиялық пайда, тауар өткізетін нарықтан бәсекелестерді ығыстыру, артық тауарды сыртқы нарықта сатып жіберу, қазынаның және өндірушілердің табысын арттыру және т.т.) белгілерімен сипатталады.

Нақты өмірлік дау-жанжалда әрбір жақтың жүрісін таңдау – күрделі есеп. Сондықтан оны талдау үшін берілген дау-жанжал жағдайындағы маңызды емес факторларды алып тастап және оның орындалуын белгілі тәртіппен шектей отырып математикалық модельдеуге жүгінуге тура келеді [1].

«Заманауи парадигма басқару жүйесі кешенді түрде дамушы және негізі ғылыми болжам үрдістерін құрайтын озық технологияны пайдалану керек екендігін ұсынады. Кез келген жүйені (нысанды) адамзат қызметінің әр түрлі саласына қатысты бүгінгі таңда мақсатқа жету жолындағы кедергі сияқты, кейінгі оның жетістігі сияқты оның субъектісін болжай алмай тиімді басқару мүмкін емес. Өзіміз естіп жүрген «басқару – яғни болжау» айтылымы әр түрлі саладағы мамандардың қызметіне қатысты және жауапкершілік аспектіде маңызды мазмұнымен толықтырылады» [2]. Қазіргі кезде жоғары оқу орындары біртіндеп стратегиялық басқаруға көшкендіктен білім беру саласында басқару теориясына көп көңіл бөлінеді. Жоғары оқу орындары нәтижелі қызмет атқару үшін басқаруды қызметтің көптеген өзара әсерлесетін қызмет түрлерін (білім беру, ғылыми-зерттеу, тәрбие, мәдени-ағарту және т.б.) теңдестіру және жүзеге асыру қажет.

Жоғары оқу орындарында білім беру үрдісі білім мекемелерінің қызметтерінің салалары сәйкес ҚР БжҒМ нормаларына, ережелеріне және нұсқаулықтарына сәйкес жүзеге асырылады. Оқу үрдісінде оқу жоспарлары, оқу бағдарламалары, оқу кестелері, әдістемелік материалдар, оқытудың техникалық құралдары мен бақылау-өлшеу құралдары мен материалдары, білім алушылардың білімдерін бағалаудың әдістері мен критерийлері және т.б. пайдаланылады.

Заманауи талаптарды ескере отырып ЖОО-ның арасындағы қатаң бәсекелестікке дайын болу қажеттілігінен университеттерде сол университеттердің адам ресурстарын дамытуды қамтамасыз ететін, заманауи ақпараттық, коммуникативтік және білім беру технологиясын ендіруді қолдайтындай жоо-да үздіксіз біліктілікті арттыру жүйесі құрылған. Осылайша, білім берудің жаңа сапасы – «білім экономикасы» құрылады және қамтамасыздандырылады. Университеттерде қызметкерлерді жүйелі оқытуға үлкен мән беріледі.

ЖОО-басқаруды сапалы оқытуға және жоғары құзырлы мамандарды дайындауға бағытталған және үрдістер менеджменті мен жүйелі өзгерістерге басқаруға негізделген. Шешім пайда болған проблемаларға ұйымдастырылған реакция ретінде жеке тұлғалармен қатар әлеуметтік топ ретінде де әмбебап форма болып табылады да, адам қызметінің саналы және мақсатты сипатымен түсіндіріледі. Шешім бұл – жұмыс жоспары түрінде безендірілген балама жиынынан таңдалынған әрекетіне жетекшілік. Практикада әр түрлі сипаты бар көптеген шешімдер қабылданады. Соған қарамастан, осы жиындарды белгілі бір түрде жіктеуге мүмкіндік беретін қандай да бір жалпы белгілері болады. Кез келген ұжымның басшылары қабылдайтын шешімдер олардың қызметтерінің тиімділігімен қатар, дамудың орнықтылық мүмкіндігін де анықтайды.

Шешім бұл – бірнеше нұсқаларды талдау нәтижесінде университет басшылары қабылдайтын экономикалық қызметтердің, іс-шаралардың нәтижелері. Бұл жерде аталған тұлғалар бар ресурстар мен факторларға сүйенеді.

ЖОО-дағы ұйымдастырылған шешім – ұйымдастырылу мәселелерін шешуде басқару функцияларын жүзеге асыру үрдісінде қолданатын осы ұйымның басшысының таңдауы. Ұйымдастырылатын шешім қойылған мақсатқа жетуге және жоо миссиясын жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Басқару шешімі – жағдайды талдауға негізделген басқару нысанына (жоо, үрдіс, қызмет бағыты) мақсатты әсер етуді директивті таңдау болып табылады және мақсатқа жету бағдарламасы болады.

ЖОО-ның қызметтерінің төмендегі түрлері:

- оқу үрдісі;
- мекеменің техникалық дамуы;
- басқарушылық қызмет;
- маркетингтік қызмет;
- экономикалық және қаржы қызметі;
- еңбек ақыны және сыйлықақыны ұйымдастыру;
- әлеуметтік даму;
- бухгалтерлік қызмет

басқарушылық шешімнің нысаны болып табылады.

Басқарушылық шешімді әр түрлі белгілер бойынша жіктеуге болады. Мысалы,

- басқару уақыты бойынша (стратегиялық, тактикалық, оперативті);
- басқаруға ұшырайтын үрдіс мазмұны бойынша (әлеуметтік, экономикалық, техникалық және т.б.),
- қызметкерлердің қатысу деңгейі бойынша (дербес, корпоративті).

ЖОО-да шешімді қабылдау үрдісінде пайда болған проблемаларды шешуге ерекше көңіл бөлінеді.

Проблема бұл – басқарылатын жүйенің параметрлерінің нақты немесе болжамалы мәндердің басқару мақсатына сәйкес келмеуі. Проблемалық жағдайға

- нақты параметрлердің реттелген мақсат параметрлерден ауытқу;
- қандай да бір сақтандыратын шаралар жағдайындағы мүмкін болатын ауытқу;
- басқару мақсатының өзгеру

себептері әкелуі мүмкін.

Проблемалардың әр түрлі типтері кездеседі. Білім беру үрдісіндегі мақсат үшін Г.Саймонның ұсынған жіктеуі қолайлы. Бұл жіктеуде барлық проблемалар үш класқа бөлінеді:

1. маңызды тәуелділіктер сандармен немесе символдармен, яғни сандық бағалауда өрнектеліп берілетіндей орынды ығыстырылған, олар жақсы құрылымданған немесе сандық қалыптастырылған проблемалар;
2. құрылымданбаған немесе араларындағы сандық тәуелділіктері белгісіз тек қана маңызды сипатталған ресурстардан, белгілер мен сипаттамалардан тұратын сандық өрнектелген проблемалар;
3. әлсіз құрылымданбаған немесе сапалы да сандық элементтерді қамтитын аралас проблемалар. Осы проблеманың сапалы, онша белгілі емес және анықталмаған жақтарының басым жағдай жасауға тенденциясы бар.

Кейбір проблемалар уақытқа байланысты белгілі бір класқа жатуын өзгертуі мүмкін. Ол көп нәрсені түсінуге мүмкіндік береді.

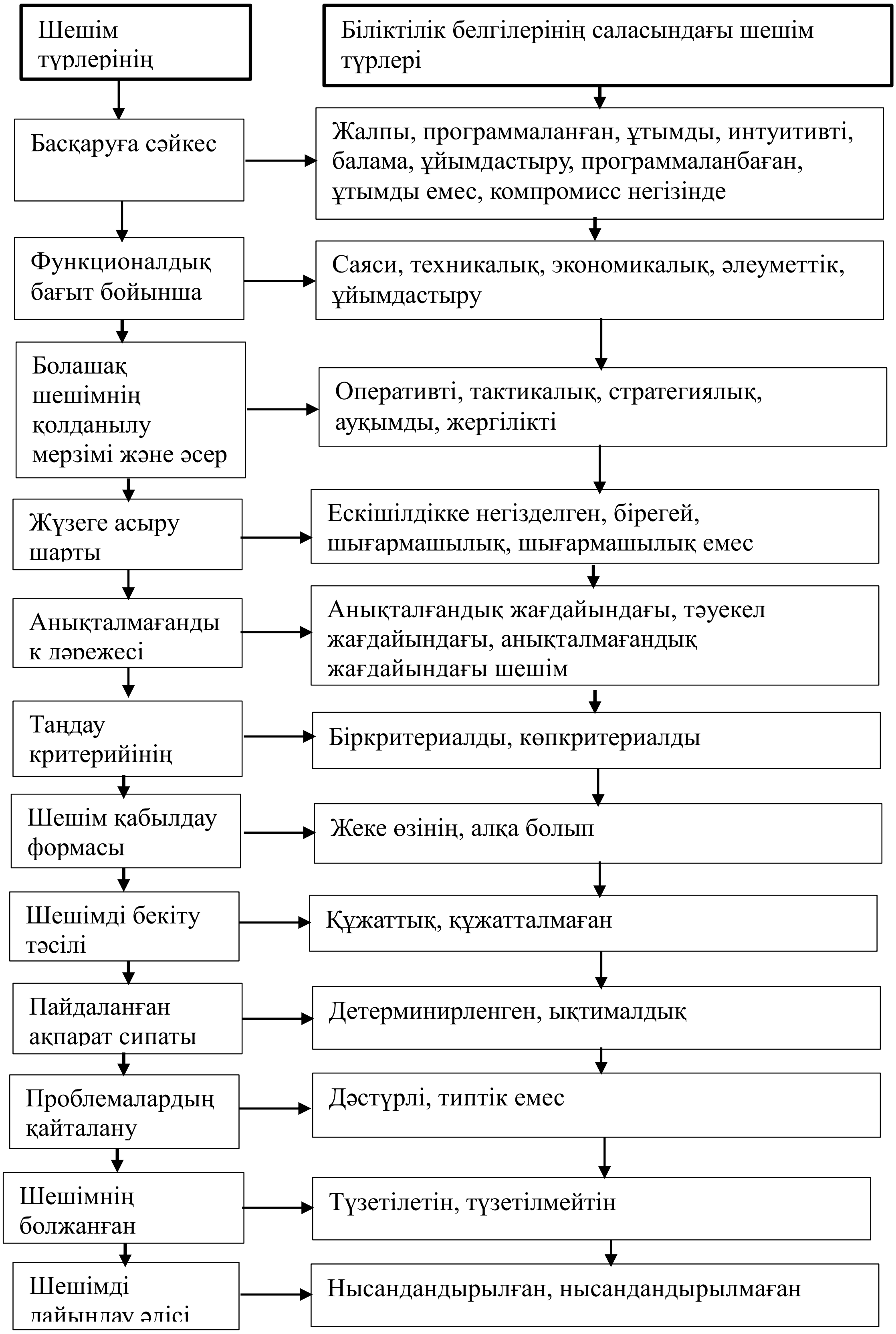
Басқарушылық шешімнің әр қайсысы өз алдына бірегей болып табылады, бірақ оларды қалыптастыру және жүзеге асыру үрдісі «шешімді қабылдау циклы» деп аталатын ішкі логикаға бағынады [3].

Мекемелерде шешімді қабылдау үрдісінде әр түрлі қоректерде әр түрлі кезеңдер көрсетіледі:

1. шешім жататын проблемаларды айқындау (проблемалық жағдайды анықтау);
2. басқарушылық шешімді қабылдау үшін ақпараттарды жинау мен өңдеу;
3. оның орындалуын ұйымдастыру.

Басқарушылық шешімдерді дайындаудың осы негізгі кезеңдеріне жағдай туралы ақпаратты алуды, бағалау жүйесін дайындауды, жағдайды дамыту сценарийін дайындауды жатқызуға болады.

Осыған ұқсас кезеңдерді күрделі проблемаларды қарастыру тәсілі туралы мақалалар мен кітаптардан кездестіруге болады.



1-сурет. Басқарылатын шешімдердің негізгі түрлерінің сұлбаларының жіктелуі.

Ұқсас жалпы рецепттер шығармашылық шешімдерді дайындайтын тұлғалар үшін жаңа проблемалар маңызды болып табылады. Негізінен, шешімді орындаумен байланысты кезеңдегі үрдісті қосу туралы мәселе бойынша айырмашылық пайда болады.

1-суретте 39 түрі бар 12 критерий бойынша басқарылатын шешімдердің жіктелуі берілген.

1. Гусманова Ф.Р., Абдулкаримова Г.А. Ойындар теориясының көмегімен шешім қабылдау әдістемесі, Л.Н. Гумилев атындағы еуразия ұлттық университеті Астана Хабаршы 1-бөлім №2(105) 2015 81-86 бб.
2. Скиданов И.П. Управленческое предвидение (методология, диагностика, дидактика). – СПб.: СПбГАСУ, 2006.– С. 53
3. Смирнов Э.А. Разработка управленческих решений: Учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2000. – 271 с.; Солнышков Ю.С. Обоснование решений (Методологические вопросы). – М.: Экономика, 1980. – 168 с.

Аннотация. *В статье раскрывается сущность управленческих решений в образовании. Приводится их классификация и технология принятия решений. Рассмотрены этапы разработки управленческих решений. Указаны основные моменты, которые затрудняют процесс разработки и принятия решения. Авторами предлагаются рекомендации для обеспечения эффективности процесса разработки и принятия решений.*

Ключевые слова: *управленческие решения, принятия решений, технология принятия решений, высшее учебное заведения.*

Abstract. *The article reveals the essence of management decisions in education, their classification and the technology decision-making. The stages of development of managerial decisions are described. There are shown highlights that hamper the development process and decision making. Particular attention is paid to the importance of managing the development of electronic resources in management decisions at the university. The authors propose recommendations to ensure the efficiency of the development process and decision making.*

Keywords*: administrative decisions, decision-making, technology of decision-making, higher educational institutions.*

Мақала 3639/ГФ4 тақырыбы бойынша «Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар» бағытындағы қолданбалы ғылыми зерттеулерді орындау барысында грант қаржыландыруымен қолдау көрсетіледі.

УДК 025.4.03

Е.А. Дадыкина*, І. Қашқымбай*, М.Е. Мансурова

КОДИРОВАНИЕ RDF СЛОВАРЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ MAPREDUCE HADOOP

(г. Алматы, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, *-магистрант)

Аннотация. *На сегодняшний день в связи с ростом объемов обрабатываемой информации актуальными являются вопросы организации высокопроизводительных вычислений для работы в Семантической паутине. В данной работе реализован параллельный алгоритм сжатия и распаковки данных RDF с применением технологии MapReduce на основе подхода Дж. Урбани и др. Алгоритм, использующий метод создания словарей кодирования с поддержкой исходной структуры данных, реализован на платформе Hadoop.*

Ключевые слова: *модели данных RDF, параллельный алгоритм сжатия и распаковки данных, технология MapReduce Hadoop.*

1 Введение

Вопросами разработки и создания информационно-поисковых систем, которые способны в автоматическом режиме осуществлять поиск и извлечение новой информации из слабоструктурированных данных для научного сообщества, занимаются различные исследовательские группы [1-3]. При этом в качестве инструментальных средств разработки в этих системах используются такие технологии, как JSP, JavaScript, PHP, сервер баз данных MySQL. При бесспорных достоинствах этих систем с увеличением объемов обрабатываемых данных наблюдается заметное снижение их производительности.

На сегодняшний день в связи с ростом объемов обрабатываемой информации актуальными являются вопросы организации высокопроизводительных вычислений для работы в Семантической паутине. Причем, технологии распределенных вычислений [4-7] оказались наиболее эффективными, что объясняется их высокой масштабируемостью, гибкостью и высокой производительностью. В данной работе для обработки слабоструктурированных данных предлагается применение модели высокопроизводительных распределенных вычислений MapReduce. На основании теоретических и экспериментальных результатов исследований в данной области [8-9] можно утверждать, что алгоритмы сжатия и распаковки RDF словарей, масштабируемые распределенные рассуждения для извлечения информации из Семантической паутины наиболее успешно реализовываются с помощью модели распределенных вычислений MapReduce. При этом технология MapReduce Hadoop позволяет программисту сосредоточиться на логике обработки, вопросы реализации распределенных вычислений, отказоустойчивости, балансировки нагрузки решаются на уровне технологии.

Семантическая паутина содержит миллиарды утверждений, которые реализованы при помощи модели данных RDF (Resource Description Framework, среда описания ресурса). Для лучшего хранения и обработки больших объемов данных и высокой производительности RDF приложений должны использоваться методы сжатия данных. Параллельные алгоритмы, реализованные с применением технологии MapReduce, эффективны для сжатия и распаковки большого количества данных RDF [5-6]. Один из наиболее часто используемых методов для сжатия данных основан на словарях кодирования. В словаре кодирования каждый элемент в наборе данных заменяется числовым идентификатором. С использованием соответствующего словаря, данные могут быть распакованы в исходную несжатую форму. Из-за своей простоты, этот метод сжатия широко используется в различных областях.

2 Алгоритм сжатия и распаковки данных

В данной работе реализован параллельный алгоритм сжатия и распаковки данных RDF с применением технологии MapReduce на основе подхода Дж. Урбани и др. [5]. Алгоритм, использующий метод создания словарей кодирования с поддержкой исходной структуры данных, реализован на платформе Hadoop.

В качестве модельного примера в среде для построения баз знаний Protege [10] была построена онтология на тему синтаксиса RDF моделей. В результате получен документ в формате .rdf данной онтологии, который в дальнейшем была дополнен в среде Sesame [11] для хранения и обработки данных RDF.

Далее, была написана программа для параллельного алгоритма с помощью словаря кодирования на языке Java в интегрированной среде разработки Eclipse. В ходе работы были использована библиотека Jena [12] – специальная Java среда для работы с RDF данными. В результате выполнения программы получены 2 файла, один – со словарем с термами и соответствующими кодами, другой – с сжатыми RDF данными.

3 Параллельный алгоритм сжатия и распаковки данных с применением технологии MAPREDUCE HADOOP

Параллельный алгоритм создания словаря кодирования на MapReduce состоит из 3 этапов. Первый этап заключается в нахождении популярных термов во входном файле, и внесение их в словарь. Так как обычно RDF данные большие по объему, на этом этапе обрабатывается только часть входного файла. На втором этапе производится разбиение утверждений на отдельные термы, затем производится кодирование. В ходе разбиения запоминаются идентификаторы утверждений (statement) и соответствующее место терма в триплете. Далее термы кодируются: если терм уже находится в словаре, то он заменяется числовым идентификатором, если терма в словаре нет, то этот терм вносится в словарь и для него определяется новый числовой идентификатор. На третьем этапе выполняется реконструкция утверждений. Закодированные термы собираются в тройки-утверждения.

В ходе реализации данного механизма сжатия были решены задачи tokenization данных, предотвращения избыточного дублирования данных.

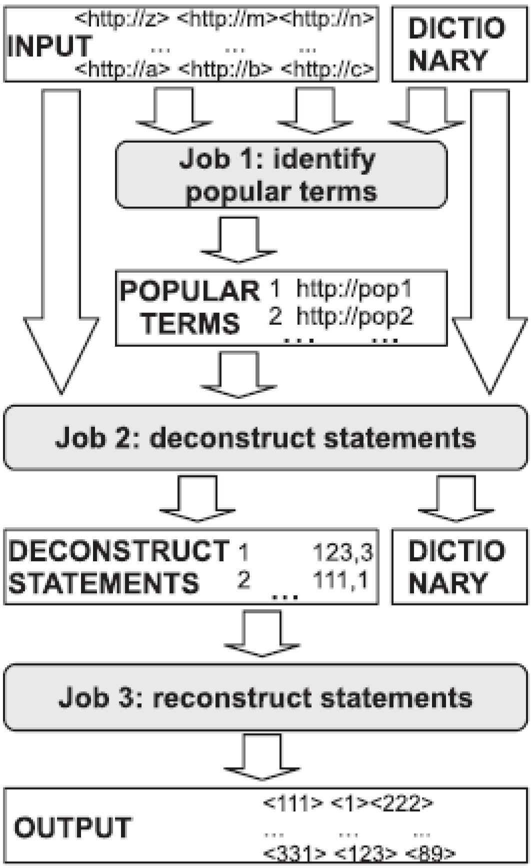


Рисунок 1 – Алгоритм сжатия

Для распаковки данных, которые были сжаты с помощью словаря кодирования, заново отдельно обрабатываются популярные термы, утверждения делятся на термы, и в конце утверждения снова собираются в тройки (рис. 2).

4 ОБЗОР РАБОТ

Словари кодирования используются в широко известных системах хранения RDF данных, таких как Hexastore, 3Store и Sesame [9-11]. Системы со встроенным механизмом логического вывода, такие как WebPIE [8] и OWLIM [12], также используют словари кодирования. Подробный обзор методов сжатия, которые можно применить к RDF данным, представлен в [13]. В этой статье авторы рассмотрели три различных метода: стандарт сжатия 'GZIP', сжатие на основе смежности списков и словари кодирования. По оценке авторов сжатие в значительной степени зависит от структуры данных и применение словарей кодирования является наиболее эффективным методом, если в наборах данных есть значительное количество идентификаторов URI. В работе [14] авторы предлагают метод, в котором для сжатия URI в файлах RDF применяются структурированные словари кодирования. Этот метод работает на двух уровнях: во-первых, он сжимает пространство имен URI, а затем он приступает к сжатию остальной части URI пространства, используя его в качестве ссылки.

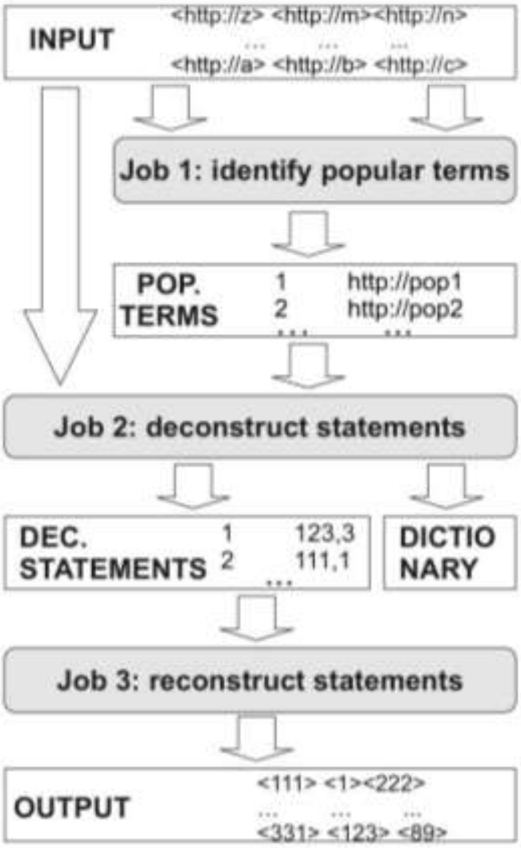


Рисунок 2 – Алгоритм распаковки

Хотя работа все еще находится на стадии разработки, оценка результатов показывает, что такой метод сжатия лучше традиционного метода Gzip. Еще одна работа по сжатию URL-адресов описана в [15]. Здесь авторы сосредоточены на проблеме обеспечения эффективного веб-кэширования, и они предлагают простой алгоритм сжатия таблиц URL. Алгоритм основан на иерархической декомпозиции URL, позволяющей агрегировать общие префиксы и использующей добавочную функцию хэширования для того, чтобы свести к минимуму конфликты между префиксами. Вводя эту методику, авторы значительно сократили время, необходимое для одновременного доступа к кэш-памяти и сжатия информации. Словари кодирования используются не только в Semantic Web, но и в ряде других областей.

Например, в [16] словарь кодирования используется для сжатия изображений. В [17] авторы представляют некоторые параллельные методы сжатия данных с использованием уже существующих словарей. В некоторых задачах словари достаточно малы, чтобы находиться в главной памяти. Сравнительный анализ применения различных структур данных в памяти приведен в [18]. В [19] предлагается использовать новую структуру данных Trie, которая поддерживает строки в отсортированном или почти отсортированном порядке и имеет производительность, сравнимую с производительностью деревьев.

Алгоритм распаковки (рис. 3) требует, чтобы было выполнено соединение данных, но оригинальная MapReduce парадигма не предусматривает какого-либо инструмента для выполнения эффективных соединений. Расширение модели программирования MapReduce, названная Map-Reduce-Merge [20], направлена на поддержку соединения данных. Другие структуры, такие как Pig [21] или Hive [22], построенные на основе Hadoop, предоставляют SQL-подобные языки для выполнения запросов на очень больших наборах данных.

5 Вычислительные эксперименты и анализ результатов

С целью исследования производительности разработанных параллельных алгоритмов были проведены вычислительные эксперименты.

Алгоритмы сжатия и распаковки MapReduce Java были протестированы в Лаборатории компьютерных наук НИИ ММ при КазНУ имени аль-Фараби на миникластере Apache Hadoop 2.6.0, состоящем из 1 главного и 7 подчиненных узлов.

Характеристики главного узла:

–Устройство: HP ProLiant-BL460c-Gen8

–Архитектура: x86_64

–CPU(s): 4

–Название модели: Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2609 0 @ 2.40GHz

Характеристики подчиненных узлов:

–Устройство: HP ProLiant-BL460c-Gen8

–Архитектура: x86_64

–CPU(s): 4

–Название модели: Intel(R) Core(TM) i5-2500 CPU @ 3.30GHz

На главном узле установлена операционная система Ubuntu Server 14.04, на подчиненных узлах – Ubuntu 14.04. Подчиненные узлы настроены для работы с библиотекой MPICH-3.1.4 и имеют буферы для чтения/записи данных. Узлы подключены к сети Ethernet Intel(R) PRO/1000 Network Connection, которая обеспечивает пропускную способность в 1000 Mbps.

Проведены тесты по сжатию данных объемом: 12 MB, 46 MB, 93 MB и 250 MB (12 MB соответствуют 100 000 утверждениям). В таблице 1 представлены результаты сжатия.

Таблица 1 – Результаты выполнения параллельного алгоритма сжатия

№	Входные данные, MB	Кодированные данные, MB	Словарь, MB	Сжатые данные, MB	Коэффициент сжатия
1	12	1,3	2,3	3,6	0,70
2	46	4,16	7,8	11,96	0,74
3	93	7,51	15,74	23,25	0,75
4	250	20,4	29,6	50	0,8

Можно увидеть что данные сжались в объеме до 80%. Проверена идентичность расшифрованных данных исходным: потеря данных не обнаружена.

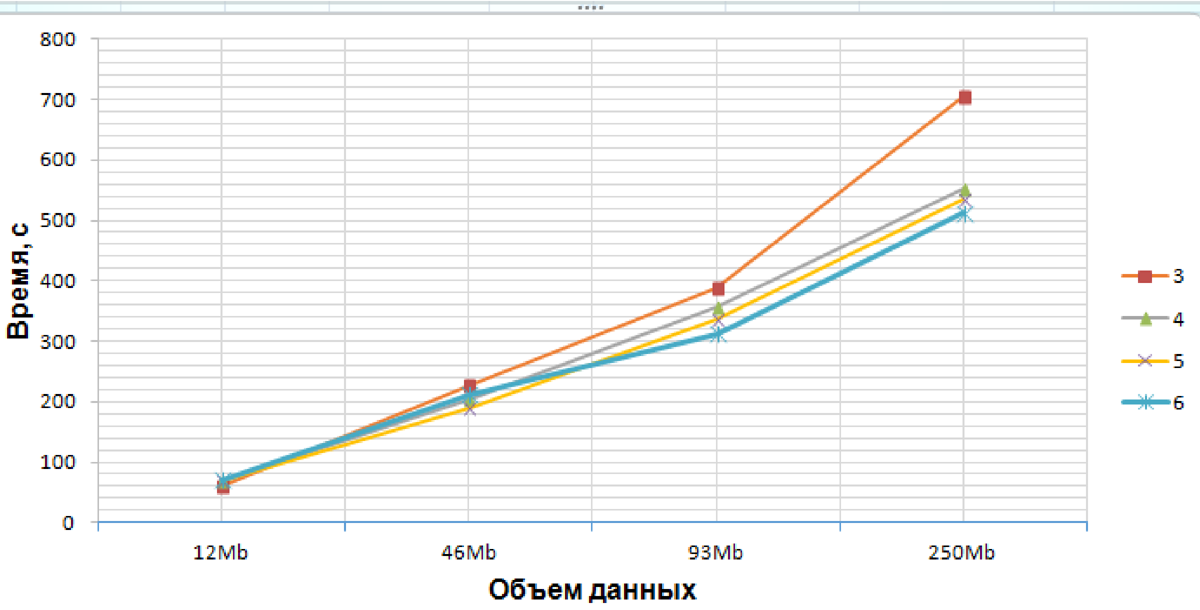


Рисунок 3 – Зависимость времени выполнения алгоритма сжатия от объема данных и количества узлов на кластере

На рисунке 3 представлена зависимость времени выполнения алгоритма сжатия от объема данных и количества узлов на кластере. Рисунок 3 также показывает, что, когда мы выбираем большой размер задачи вычислительные узлы используются более эффективно.

6 Заключение

Технология Hadoop была использована для распределения вычислений и хранения словарей. Представленный в работе параллельный алгоритм сжатия данных в дальнейшем может быть использован в различных приложениях, предназначенных для хранения и анализа RDF данных. В дальнейшем планируется продолжить исследования в данном направлении и разработать механизм логического вывода, позволяющий выполнять рассуждения (Reasoning). В ходе реализации данного механизма будут решаться вопросы предобработки данных, предотвращения избыточного дублирования данных, а также другие вопросы, связанные с особенностями представления RDF данных.

1. http://groups.csail.mit.edu/haystack/
2. Шокин Ю.И., Федотов А.М., Барахнин В.Б. Проблемы поиска информации. Новосибирск: Наука, 2010.
3. Петренко А.И., Оленович Е. Компьютерные облака в Грид технологиях // Труды 12-ой Международной конференции «Системний аналіз та інформаційні технології» (САІТ-10). – К.: УНК "ИПСА" НТУУ "КПИ", 2010.
4. J. Urbani, S. Kotoulas, J. Maassen, F. Van Harmelen, H. Bal. OWL reasoning with WebPIE: calculating the closure of 100 billion triples // The Semantic Web: Research and Applications, P. 213-227.
5. J. Urbani, J. Maassen, N. Drost, F. Seinstra, H. Bal. Scalable RDF data compression with

MapReduce // Concurrency and Computation: Practice and Experience 25 (1), P.24-39.
6. Jorge González Lorenzo, José Emilio Labra Gayo, José María Álvarez Rodríguez. Applying MapReduce to Spreading Activation Algorithm on Large RDF Graphs // Communications in Computer and Information Science Volume 278, Springer, 2013. P. 601-611.
7. J. Urbani, S. Kotoulas, E. Oren, F. Van Harmelen. Scalable distributed reasoning using mapreduce // The Semantic Web-ISWC 2009, 2009. P. 634-649.
8. M. Przyjaciel-Zablocki, A. Schätzle, T. Hornung, G. Lausen. RDFPath: Path Query Processing on Large RDF Graphs with MapReduce // The Semantic Web: ESWC 2011 Workshops, Revised Selected Papers, LNCS 7117, pp. 50-64, Springer, 2011.
9. Gray J. and Reuter A. Transaction Processing: Concepts and Techniques // Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, CA, 1992. – P. 25-50.
10. protege.stanford.edu/
11. http://rdf4j.org/
12. https://jena.apache.org/documentation/hadoop/

Аңдатпа. *Бүгінгі таңда, өңделетін ақпараттың көлемінің өсуіне байланысты семантикалық желіде жоғары өнімді есептеуді ұйымдастыру сұрақтары өзекті болып табылады.Бұл мақалада MapReduce технологиясы негізінде Дж. Урбани ұсынған деректерді кодтау параллельді алгоритмің іске асыру жолы сипатталған. Сөздік құру әдісін қолдану арқылы алгоритм Hadoop платформасында іске асырылған.*
Түйін сөздер: *RDF деректер моделі, деректерді сығу және қайта қалпына келтіру параллельді алгоритмі, MapReduce Hadoop технологиясы.*

Abstract. *At present, owing to the growing volumes of the information being processed, the problems of organization of high performance computing for the work in Semantic Web have become actually. In this work we describe the process of construction of RDF dictionaries and propose of parallel algorithm of RDF data compression and decompression with MapReduce based on approach of Jacopo Urbani. We have implemented a prototype using the Hadoop framework, and evaluate its performance.*
Key words: *RDF data model, parallel algorithm of data compression and decompression, MapReduce Hadoop technology.*

УДК 004.22: 378.147.88:004.946: 004.72:004.92
С.Н. Конева, Д.М. Амирканова

ОРГАНИЗАЦИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО КОМПЬЮТЕРНЫМ СЕТЯМ В СРЕДЕ MICROSOFT VISIO

(г.Алматы, Казахский национальный педагогический университет имени Абая)

Аннотация. *В данной статье рассматривается проблема организации лабораторно-практических занятий заключающаяся в отсутствии представления сетевых устройств, и приведено ее решение путем создания виртуальной версии компьютерной сети в графическом редакторе Microsoft Visio. Также приведен пример выполнения лабораторной работы по виртуализации компьютерной сети.*
Ключевые слова: *виртуализация, виртуальная лабораторная работа, компьютерные сети, графический редактор, графический редактор Microsoft Visio.*

Развитие информационно-коммуникационных технологий требует более тщательного подхода к обучению таким дисциплинам как «Компьютерные сети», «Web-технологии», «Интернет-технологии». При обучении циклу данных дисциплин преподаватель сталкивается с рядом проблем таких, как отсутствие сетевого оборудования в лабораториях в качестве объекта изучения, макетов сетевых устройств, возможности наглядного представления устройств сетей и т.д. С подобными проблемами сталкиваются и преподаватели физики при организации лабораторных занятий.

Данная проблема при обучении физики решается при использовании программных виртуальных лабораторий, в частности Electronic Work Bench. Основная идея таких сред – виртуализация реальных приборов. Но подобные среды не позволяют работать с виртуальными приборами компьютерных сетей. Для виртуализации компьютерных сетей используют инструмент для проектирования и моделирования как локальных (одно- и многоуровневых), так и распределённых сетей, который представляет модель сети в уникальном, динамическом и визуальном виде NetCracker Professional. Данная программа содержит Базу данных с многочисленной библиотекой сетевых устройств различных производителей, позволяет создавать, добавлять в базу собственные устройства. Но применение данного продукта в качестве инструмента виртуализации работы компьютерной сети, в том числе и сети Интернет, требует от преподавателя специальных знаний приложения, наличие большего числа часов на обучение дисциплине. Поэтому на первых этапах обучения предлагаем использовать наиболее примитивный, доступный в обучении и изучении инструмент от компании Microsoft – MicrosoftVisio – мощный графический редактор, предназначенный для быстрого и эффективного создания векторных графических изображений любой сложности.

MicrosoftVisio содержит тысячи фигур и более шестидесяти шаблонов схем, от простых до сложных, среди которых выделяется категория шаблонов Сеть. Данный шаблон позволяет строить следующие схемы (см. рис. 1, 2)

- для компьютерной сети: принципиальная схема сети, подробная схема сети, схема стоек, Active Directory и др.;

- для проектирования структуры web-сайта: карта веб-узла, концептуальная схема веб-узла и др.

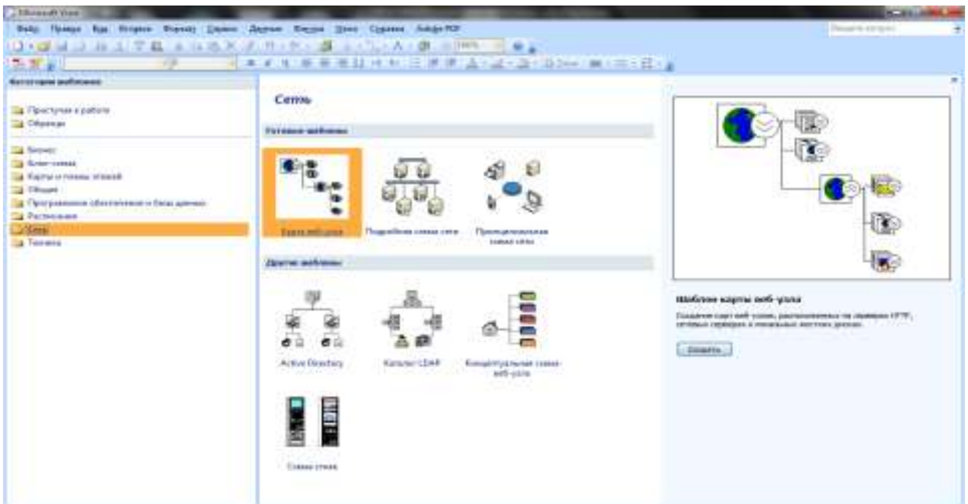


Рисунок 1 – Основные шаблоны категории Сеть

При создании Документа на основе шаблона автоматически загружается соответствующая библиотека фигур. В шаблоне Принципиальная схема сети имеются инструменты «Сетевые и периферийные устройства»: кольцевая сеть, канал связи, сервер, мост, маршрутизатор, модем, беспроводная точка и др., которые позволяют создавать виртуальную схему сети, манипулировать с виртуальными сервером, мостом. маршрутизатором и другим сетевым оборудованием.

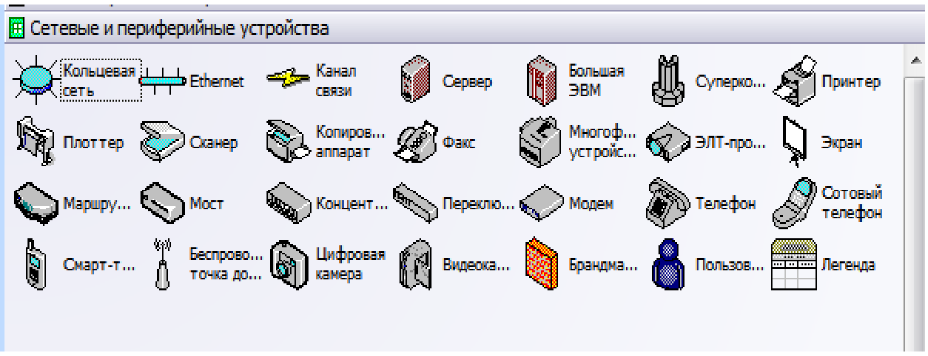


Рисунок 2 – Инструменты «Сетевые и периферийные устройства» шаблона Принципиальная схема

В шаблоне Подробная схема сети набор инструментов расширяется за счет инструментов: «Подробная схема сети», «Сетевые расположения», «Сетевые символы», «Серверы», «Серверы установленные в стойке».

Наличие таких инструментов делает создание виртуальной сети с помощью Microsoft Office Visio Professional одним из эффективных способов разработки и документирования компьютерной сети (рис. 3). Ниже приведен пример построения физической схемы для ТОО.

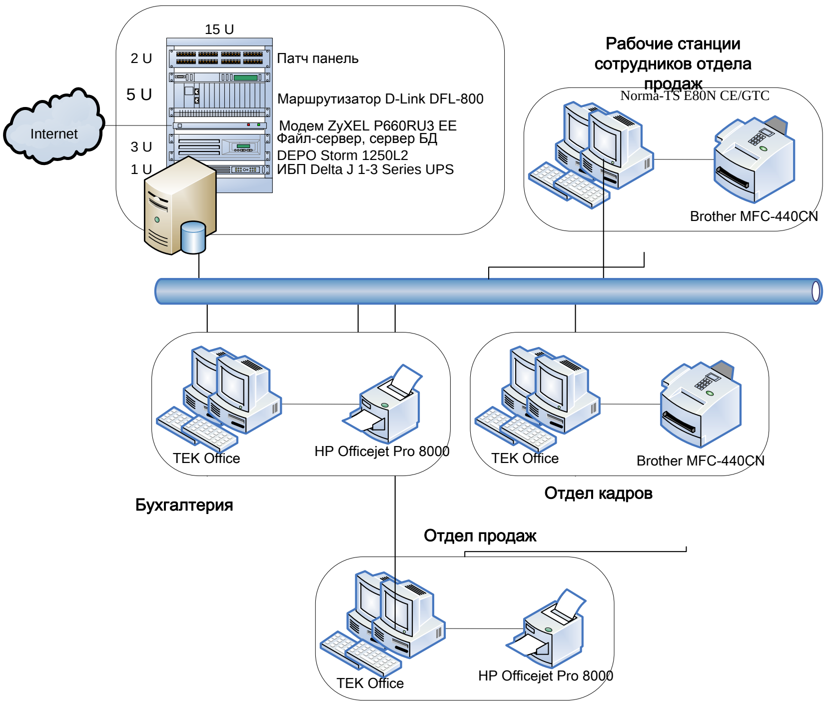


Рисунок 3 - Физическая схема локальной сети ТОО

В каждом шаблоне имеется возможность связывания данных через меню Данные. Если внимательно посмотреть на параметры данных фигуры, то становится ясным, что необходимо заполнить все сетевые характеристики оборудования (см. рис 4).

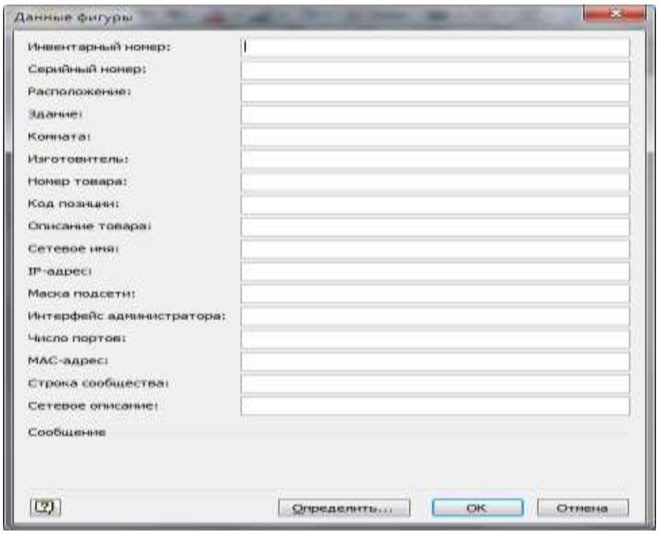


Рисунок 4 – Данные фигуры

Таким образом, можно построить схему компьютерной сети, в которой показано логическое или физическое соединение оборудования, добавить начальные данные для идентификации каждой фигуры, затем импортировать и связать внешние данные с фигурами сети.

С помощью специального коннектора MicrosoftVisio можно выявлять в on-lineрежиме уязвимости сети прямо на диаграмме, выявлять типичные ошибки конфигурации системы безопасности, отображать результаты данного мониторинга на сетевых диаграммах, отслеживать ситуацию на всех компьютерах сети, а также возможность запустить сканирование на вирусы в диаграмме сети.

Учитывая вышесказанное, мы предлагаем использовать графический редактор MicrosoftVisio как средство построения компьютерных сетей во время проведения лабораторно-практических занятий по курсу «Информатика». Данный подход возможен за счет того, что современные обучаемые, как правило, умеют работать с электронной почтой, осуществлять поиск информации в сети Интернет и поэтому такое наполнение лабораторной работы для них уже становится неинтересным и бесполезным. В случае заполнения содержания занятия интерактивным взаимодействием со средой графического редактора MicrosoftVisio интерес к сетям возрастает, меняется отношение к самому предметы и педагогу в лучшую сторону. Помимо этого одновременно происходит изучение еще одного графического редактора.

Создание виртуальной сети с помощью Microsoft Office Visio Professional является эффективным способом разработки и документирования компьютерной сети.

Применив шаблон ***Подробная схема сети,*** возможности связывания данных, в Microsoft Visio можно создать схему, в которой показано логическое или физическое соединение оборудования, добавить начальные данные для идентификации каждой фигуры, а затем импортировать и связать внешние данные с фигурами сети.

Рассмотрим как с помощью программного продукта Microsoft Visio можно подготовить схему сети, наблюдать за ее состоянием в интерактивном режиме прямо на диаграмме Visio.

Пусть существует файл в формате Microsoft Excel с исходными данными в котором хранится вся информация компьютеров сети, как на рис. 5. Во многих организациях учет, работа и проверка рабочих станций и других оборудований ведется именно таким образом:

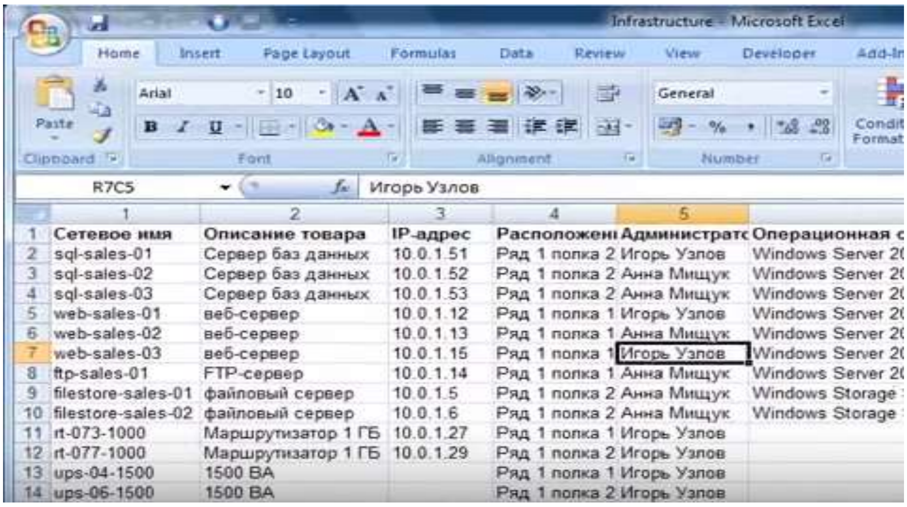


Рисунок 5 - Таблица с исходными данными

Далее эти данные отображаются на схеме сети с помощью шаблона **Подробная схема сети – каталога LDAP.**

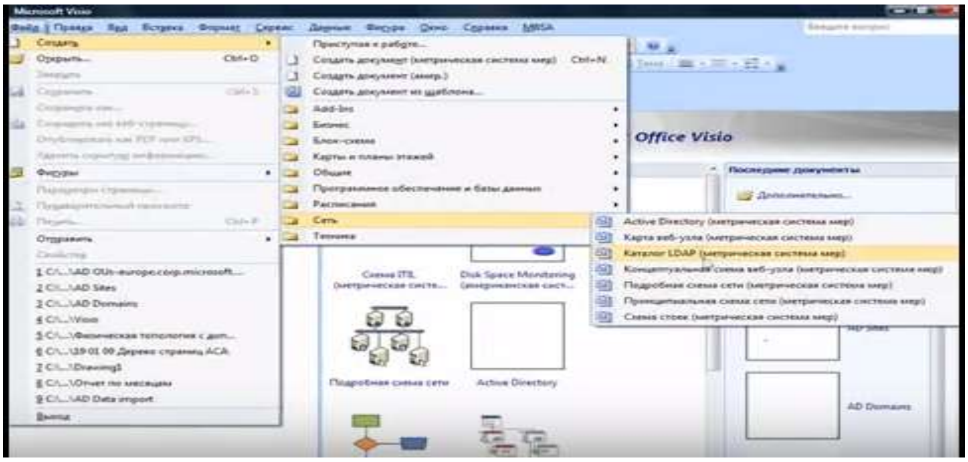


Рисунок 6 – Создание схемы сети на основе каталога LDAP

Далее генерируется новый файл со всеми необходимыми для построения трафаретами фигур. В качестве исходных данных используется значения из таблицы Excel рис. 5. Затем Visio самостоятельно считывает информацию с таблицы для построения схемы. Схема генерируется по данным таблицы автоматически (рис. 7).

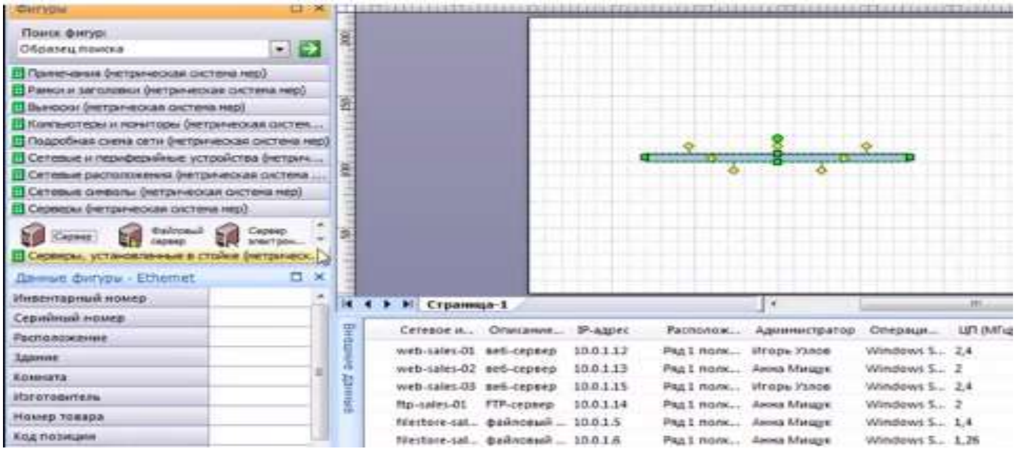


Рисунок 7 – Готовая схема по исходным табличным данным

Принцип построения заключается в том, что имеются готовые элементы диаграммы и уникальной функции **Автоконнект,** с помощью которой можно быстрее справиться с построением. Путем переноса отображенных в отдельном окне данных с таблицы на элементы не трудно связать их с текущими данными. Также нужно отметить, что данные внесенные в диаграмму не являются статическими, то есть, изменив таблицу с исходными данными, изменяются данные в диаграмме путем обновления. К примеру если изменить имя администратора веб сервера в таблице, изменится имя администратора и в диаграмме после обновления и сохранения так как между ними установлена связь изначально.

Также с помощью специального коннектора Microsoft Dezline Security Analizer можно выявлять в онлайн режиме уязвимости сети прямо на диаграмме. Microsoft Dezline Security Analizer – это средство которое служит для централизованной проверки компьютера под управлением Windows с целью выявления типичных ошибок конфигурации системы безопасности. Это приложение загружается бесплатно с сайта Microsoft также как и коннектор Visio, позволяющий отображать результаты данного мониторинга на сетевых диаграммах.

С помощью Microsoft Dezline Security Analizer и специального коннектора Visio есть возможность отслеживать ситуацию на всех компьютерах сети

Помимо этого есть возможность запустить сканирование на вирусы в диаграмме сети. На рисунке 6 в нижнем правом окне идет сканирование на вирусы.

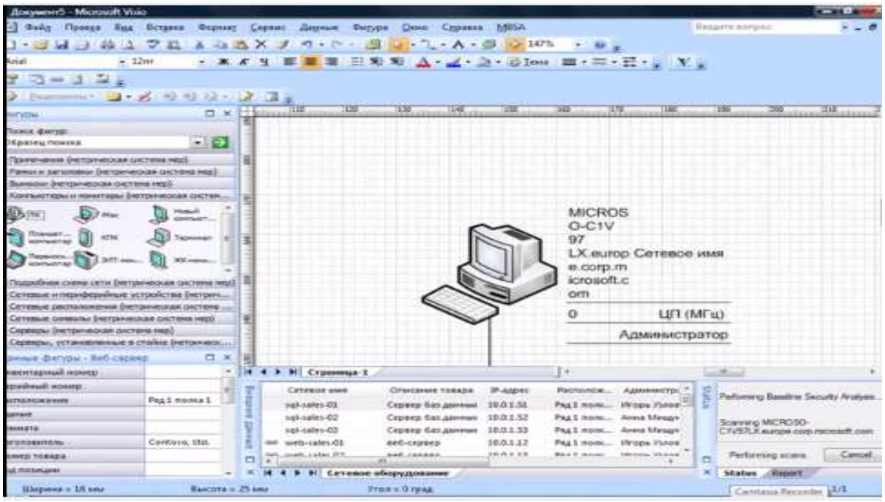


Рисунок 8 - Сканирование на вирусы

Описанный выше метод построения компьютерной сети может быть использован во время организации лабораторно-практических занятий по дисциплинам «Компьютерные сети», «Web-технологии», «Интернет-технологии» в качестве одной из лабораторных работ. Аналогично разработаны лабораторные работы по построению компьютерной сети Интернет, проектирование локальной сети здания, построение зоны беспроводного Интернет в офисе и т.д.

Итак, графический редактор Microsoft Visio позволяет создавать виртуальную модель компьютерных сетей, вести контроль над ними. Этим предоставляется обучаемым полная наглядность и обзора состояния сетей, что на много повышает качество организации лабораторных занятий и учебного процесса в целом.

1. Информатика. Типовая программа. – Алматы, КазНПУим.Абая, 2010.
2. Конева С.Н. Лабораторные работы по информатике. – Алматы: КазНПУим.Абая, 2008.-80 с.
3. Берман Н.Д. MSVisio 2010: Основы работы. – Хабаровск, Изд-во ТОГУ, 2014.- 99 с.

Аңдатпа. *Бұл мақалада зертханалық зерттеулер ұйымдастырудың желілік құрылғылардың толық көрсету мүмкіншілігінің болмау мәселесі, және компьютерлік желілердің виртуалды түрінде Microsoft Visio графикалық редакторында құру әдісі бойынша айтылған мәселені тиімді шешуі қарастырылды. Сонымен қатар компьютерлік желісін виртуалдау зертханалық жұмыстың орындалуының үлгісі көрсетілген.*

Түйін сөздер: *виртуалдық, виртуалдау зертханалық жұмыс, компьютерлік желілер, графикалық редактор, графикалық редактор Microsoft Visio.*

Abstract. *This article discusses the problem of organization of laboratory studies is the lack of representation of network devices, and its solution is given by the creation of a virtual version of a computer network in a graphical editor Microsoft Visio. Also, an example of performing lab virtualization computer network.*

Keywords: *virtualization, virtual lab, computer networks, graphics editor, graphic editor Microsoft Visio*

УДК 004.655.3

Б.А. Нупбаев*, А.А. Аманбаев

ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ SQL-ЗАПРОСОВ

(г.Алматы, Алматинский Университет энергетики и связи, * - магистрант)

Аннотация. *В клиент-серверной архитектуре эффективность работы приложений БД во многом зависит от производительности выполнения запросов к серверу. Проблемы правильного построения и оптимизации SQL-запросов к реляционным СУБД остаются актуальными с середины 1970-х годов, и существует множество рекомендаций по их написанию. Данное исследование ориентировано на разработчиков прикладных ИС и содержит исследование методов эффективного построения запросов, позволяющие не вникать глубоко в структуру индексации и механизмы работы оптимизатора запросов.*

Ключевые слова*: оптимизация, эффективность, индексация, эквивалентные преобразования*

Исследования методов оптимизации SQL-запросов

Поступившее в СУБД начальное представление запроса на языке SQL преобразуется специальным компонентом СУБД - оптимизатором. Оптимальность выполняемого плана запроса зависит от критериев, заложенных в оптимизатор и от специфики СУБД. В централизованных БД эффективность выполнения запроса определяется временем его выполнения (реакции сервера). В распределенных БД и в системах с параллельными вычислениями наиболее важна общая пропускная способность по отношению к серии параллельно выполняемых запросов. Тогда критерием эффективности считается минимум потребляемых запросом системных ресурсов (процессора, оперативной и внешней памяти, сети) [1] .

Обобщенная классификация методов оптимизации SQL-запросов показана на рис. 1.

Рисунок 1- Обобщенная структура методов оптимизации SQL-запросов к серверу

Постанока задачи. Исследования методов оптимизации SQL-запросов

В исследований использованы направления: Индексация таблиц, логические эквивалентные преобразования запросов, логическая оптимизация операций соединения. Эти направления являются наиболее эффективными.

Метод индексаций. В индексаций таблиц поддержка индексов ускоряет получение выборки данных, а это напрямую влияет на производительность реляционной базы данных.

Метод логической оптимизаций. Чтобы преодолеть принципиальные ограничения классических индексов на основе B-деревьев, использованы методы преобразования условий в запросах, называемые логической оптимизацией.

Метод логической оптимизаций операций соединения. Для исследований более сложных форм запросов использован метод логической оптимизаций операций соединения.

1.Исследования индексаций таблиц данных

Индексация таблиц данных по-прежнему остается наиболее эффективным способом повышения производительности реляционных операций БД. Поддержка индексов ускоряет получение выборки данных, но замедляет операции вставки новых записей.

Qdate	CountCalls	ContAnsw	NID
13.03.2002	131377	49483	1
14.03.2002	137078	49955	2
15.03.2002	138500	50489	3
16.03.2002	112234	40395	4
17.03.2002	99694	36641	5
18.03.2002	144815	51929	6
19.03.2002	143799	51607	7
20.03.2002	152203	53927	8
21.03.2002	148246	54244	9
22.03.2002	113454	41486	10
23.03.2002	112185	40733	11
24.03.2002	102547	37223	12
25.03.2002	148172	53558	13
26.03.2002	144992	53206	14
15.04.2002	143818	52787	15
16.04.2002	142090	52076	16
17.04.2002	135086	52050	17
18.04.2002	132989	51320	18
19.04.2002	136790	51008	19
20.04.2002	111964	40450	20
21.04.2002	103213	38012	21
22.04.2002	148572	55048	22
23.04.2002	144018	53919	23
24.04.2002	141620	51847	24
25.04.2002	138740	50978	25
26.04.2002	136400	50426	26
27.04.2002	107744	39536	27
28.04.2002	99542	35975	28
29.04.2002	140772	49167	29
30.04.2002	141460	50731	30

Рисунок 2- Таблица quality

Преимущество составных индексов показано на примере описания таблицы quality (рис. 2): качество телефонной сети с построенным составным индексом NID по столбцам qdate, CountCalls, ConstAnsw:

create quality – создание таблица качество телефонной сети
Qdate datetime, -- дата общего количество звонков
CountCalls datetime year to year, -- общее количество звонков за день
ConstAnsw – количество отвеченных звонков
NID integer, - идентификационный номер);
create index idx_quality on quality (Qdate, CountCalls, ConstAnsw);

В данном примере составной индекс idx_quality может быть использован при запросах по полям «Qdate, CountCalls, ConstAnsw» либо «Qdate, CountCalls» либо только «Qdate», потому что нужно соблюдать последовательность которая введена в созданном индекс файле idx_quality, что вызвано древовидной архитектурой классических индексов на основе B-деревьев [2]. Поэтому в нижеприведенных SQL-запросах индекс не может быть применен:

SELECT *FROM Quality
WHERE (Qdate < '13.03.2002')

SELECT *FROM Quality
WHERE (CountCalls > 175000)

А в следующих SQL-запросах оптимизатор сможет воспользоваться составным индексом для ускорения поиска и получения выборки:

SELECT * FROM Quality
WHERE (Qdate = '09.12.2002') AND (CountCalls > 175000)
SELECT * FROM Quality
WHERE (Qdate > '09.12.2002') AND (CountCalls > 100000) AND (ContAnsw = 59297)

Ниже, в таблице 1 приведены сравнения когда SQL Server использует и не использует индексы.

Таб.1. Когда SQL Server использует и не использует индексы

Когда SQL Server для запроса не использует индексы	**Когда SQL Server для запроса использует индексы**
Сканирует все страницы начиная с начало таблицы;	Пересекает структуру дерева индексов для поиска строк, соответствующих запросу;
Сканирует от страницы к странице через все строки таблицы;	Выделяет только необходимые строки, соответствующие критериям запроса.
Выделяет строку, которая соответствует запросу.	

Первым делом, SQL Server определяет, какие индексы существуют. Оптимизатор запроса определяет что использовать – сканировать таблицу или индексы. Индексы более предпочтительны.

В таблице 2 показаны основные преимущество и возникающие проблемы при использований индексов.

Таб.2. Преимущество и возникающие проблемы при использований индексов.

Преимущества	Возникающие проблемы
Индексы обычно увеличивают скорость выполнения запросов связанных таблиц и выполнение сортировки и группировки;	Когда вы изменяете данные в индексной колонке, сервер SQL обновляет связанные индексы
Индексы принуждают делать строки уникальными, если включена уникальность	накладные расходы на поддержку индексов требуют времени и ресурсов. Поэтому не создавайте индексы, которые не будете часто использовать
Индексы создаются в порядке возрастания или уменьшения	индексы на колонки, содержащие большое количество дублирующих данных могут иметь несколько преимуществ

Когда мы используем индексы, SQL Server выделяет только необходимые строки, соответствующие критериям запроса. Таким образом мы увеличили скорость выполнения запросов. Но при этом возникают проблемы с поддержкой индексов, накладные расходы требуют времени и ресурсов. Так что правильнее будет создавать индексы для объемных таблиц и если вы будете их много использовать.

2.Логические эквивалентные преобразования запросов

В традиционных оптимизаторах распространены логические преобразования, связанные с изменением порядка выполнения реляционных операций. В терминах реляционной алгебры эти преобразования основываются на нижеприведенных правилах ассоциативности и коммутативности.

1. Следующие выражения для отношения R эквивалентны:

(R where <условие1>) where <условие2>=R where<условие1> and <условие2>

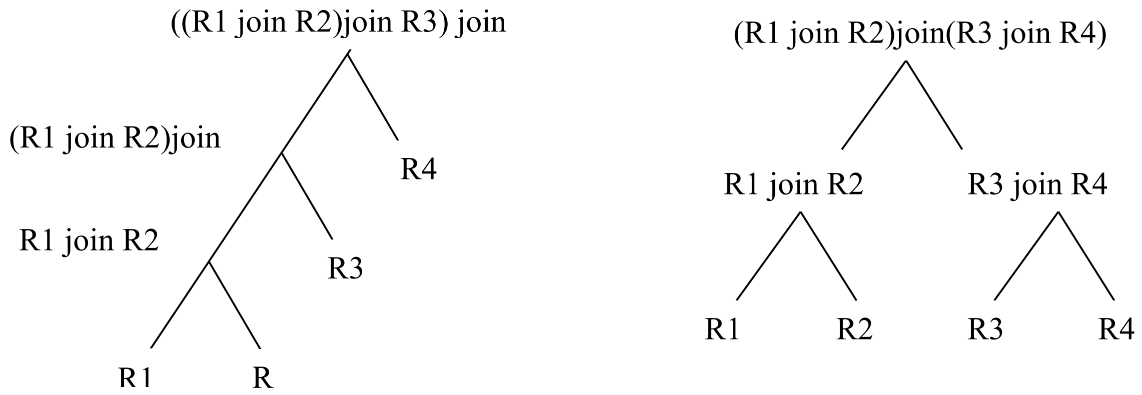
2. Операция соединения обладает свойствами ассоциативности и коммутативности, следующие методы слияния отношений R1 и R2 эквивалентны (рис. 1.3):

(R1 join R2) where <условие для R1> and <условие для R2> =

(R1 where <условие для R1>) join (R2 where <условие для R2>)

3. Для внешнего соединения отношений R2 и R3 справедливо следующее тождество:

R1 join (R2 LOJ R3) = (R1 join R2) LOJ R3



а)линейный б)кустовой

Рисунок 3- Эквивалентные методы соединения отношений

Из рисунка 3 видно отношение Rl, R2, R3, R4 где левое внешнее соединение Left Outer Join (LOJ) обозначает несимметричную операцию, при которой сохраняются все кортежи основного отношения, указанного слева [3].

Существенным ограничением является использование в условиях поиска логического оператора ИЛИ:

select * from <таблица> where <поле> =<значение1> or <поле> = <значение2>
select * from quality where CountCalls =175000 or CountCalls = 190000

такой SQL-запрос всегда будет выполняться путем последовательного перебора записей таблицы, даже если по соответствующему полю построен индекс. Чтобы сервер БД мог воспользоваться индексом для ускорения поиска, лучше заменить оператор ИЛИ на условие IN:

select * from <таблица> where <поле> in (<значение1>, <значение2>)
select * from **quality** where CountCalls in (175000, 170000)

либо перестроить запрос с помощью конструкции соединения UNION:

select * from <таблица> where <поле> = <значение1>
union
select * from <таблица> where <поле> = <значение2>

Еще одним примером несовместимости с поиском по индексу является использование логического отрицания:

select * from «таблица» where «поле» <> «значение»

которое можно с успехом заменить на два следующих оператора:

select * from «таблица» where «поле» < «значение»
union
select * from «таблица» where «поле» > «значение»

С помощью индексов и логический эквивалентных преобразований запросов, мы достигли более высоких результатов. Во всех вышеприведенных примерах преобразования одного SQL-запроса в другой результаты выборки данных будут одинаковы, но время их выполнения с использованием индексов будет быстрее.

3.Логическая оптимизация операций соединения

Целая группа методов направлена на поиск эффективных способов выполнения двуместных операций с таблицами - объединение, пересечение, соединение отношений, как наиболее накладных реляционных операций. Для них существует общее правило - по возможности уменьшать число таблиц, задействованных в одном запросе. В общем случае возможны следующие варианты вложенных подзапросов:

вложенный подзапрос из отношения R2 не содержит условий соединения с внешним отношением R1, и его можно вычислить независимо от внешнего запроса:

select R1.A1 from R1 where R1.A2 <логическая операция>

(select <выражение для R2.B1> from R2 where <условие для R2.B2>)

вложенный подзапрос из отношения R2 содержит условие соединения с атрибутом R1.A2 внешнего отношения R1:

select R1.A1 from R1 where R1.A2 <логическая операция>

(select <выражение для R2.B1> from R2 where <условие для R2.B2 и R1.A2>)

в запросе из отношений R1 и R2 содержится условие их соединения, и в конечном списке выборки присутствуют атрибуты из обоих отношений R1.A1 и R2.B1:

select R1.A1, <выражение для R2.B1> from R1, R2

where <условие соединения R1 и R2> and <условие для R2.B2>

Язык запросов SQL характеризуется широкими возможностями вычисления агрегатных функций (count, avg, min, max, sum), а также группирования (конструкции distinct, group by). Результатом агрегатного запроса (а при группировке по каждой выделяемой группе) является один кортеж, полученный применением одной из функций к выборке кортежей, определяемой логическим условием в разделе where. Поэтому, как правило, не требуется сортировка выборки, достаточно просканировать отношение любым способом и вычислить агрегатную функцию.

Практически единственным вариантом оптимизации агрегатных запросов в реляционных БД является применение по возможности индексов. Например, для вычисления количества записей в описанном выше отношении quality допустимы следующие эквивалентные запросы:

select count(*) from quality; select count(NID) from quality; select count(CountCalls) from quality;

Поэтому в качестве аргумента агрегатной функции лучше указывать поле, по которому построен индекс. Тогда при выполнении запроса достаточно будет просмотреть блоки индекса, вообще не обращаясь к хранимым кортежам.

В более сложных запросах, сочетающих соединение с группировкой (рис. 4,а), оптимизатор ищет возможность выполнить группировку раньше (рис. 4,б) или поэтапно (рис. 4,в), чтобы сократить объем последующих вычислений при выполнении операции соединения [4].

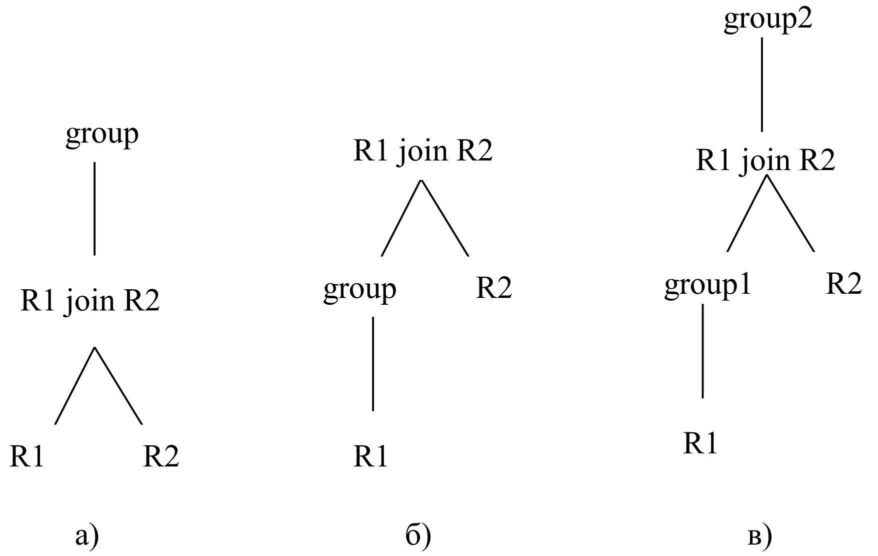


Рисунок 4- Варианты сочетания операций соединения и группировки

Выводы

Фундаментальные основы оптимизации SQL-запросов необходимы для эффективной разработки БД и их приложений в различных прикладных областях применения

Оптимизация клиентского приложения заключается в повышении его быстродействия и минимизации обращений к серверу БД. Дополнительные запросы приводят к нерациональному использованию ресурсов сервера. Данное исследование содержит классификацию и описание методов эффективного построения запросов, ориентированных на разработчиков прикладных ИС и позволяющих не вникать глубоко в механизмы работы оптимизатора СУБД.

В данной работе мы исследуем методы оптимизации SQL запросов. Такие как: индексация таблиц, логические эквивалентные преобразования запросов, логическая оптимизация операций соединения.

Используя индексы, мы обеспечили уникальность строк и столбцов таблиц, упорядочению информации и распределению данных таблицы в отдельном файле, что напрямую повлияло на повышений скорости доступа к серверу.

1. Боуман Дж.С., Эмерсон С.Л., Дарновски М. Практическое руководство по SQL: Пер. с англ.-М.: Издательский дом «Вильямс», 2001.
2. Методы оптимизации запросов в реляционных системах / С. Чаудхари: Пер. с англ.— СУБД.— 1998.—№ 3.
3. Методы оптимизации выполнения запросов в реляционных СУБД /С.Д. Кузнецов - Центр Информационных Технологий, 1998.
4. Определение оптимальной структуры базы данных / А. Прохоров.- Informix Magazine / ussian Edition - 1998 - № 1.

Аңдатпа. *Клиент-сервер архитектурасында деректер қорының тиімді жұмыс істеуі көбіне серверге жіберілген сұраныстардың тез орындалуына байланысты.*

Реляциондық ДҚБЖ-не арналған SQL сұраныстарды дұрыс құру және оңтайландыру қиындыктары 1970 ортасынан бері өзекті болып келеді, жәнеде оларды құру туралы көптеген нұсқаулар бар. Бұл зерттеу жұмысы ОЖ бағдарлама құрушыларга арналған және оптимизатор мен индекстеу жүйесіне толық кіріспей сұраныстарды тиімді орындауға арналған зерттеулерден турады.
Түйін сөздер:*оңтайландыру, тиімділік, индекстеу, эквиваленттік өзгертулер*

Abstract. *In client-server architecture overall performance of appendices of a DB in many respects depends on productivity of performance of inquiries to the server. Problems of correct construction and optimization of SQL-inquiries to relational СУБД remain actual from the middle of 1970th years, and there is a set of recommendations about their writing. The given research is focused on developers applied ИС and contains research of methods of effective construction of the inquiries, allowing not to penetrate deeply into structure of indexation and work mechanisms optimizator inquiries.*
Keywords: *optimization, efficiency, indexation, equivalent transformations*

УДК 004.418
А.С. Омарбекова, А.Б. Закирова, А.О. Сейфуллина

РЕАЛИЗАЦИЯ РЕФЛЕКСИИ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЕ ПОСРЕДСТВОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ СТУДЕНТА И ПОСТРОЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

(г.Астана, Евразийский национальный университет им.Л.Н.Гумилева)

Аннотация. *В данной статье исследуется необходимость реализации модуля слежения за поведением студентов и использование мессенджеров для повышения эффективности обратной связи в интеллектуальных обучающих системах. Необходимо отметить, что на текущий момент современные студенты являются активными пользователями социальных сетей mail.ru, Facebook, vk.com и используют различные мессенджеры, такие как Facebook messenger, Whatsapp и т.д. для общения друг с другом. В этой связи возникает вопрос, почему бы не использовать данные технологии для построения более продуктивной обратной связи между студентом и преподавателем, которая также повлияет и на качество образования в целом.*
Ключевые слова: *Мессенджер, обратная связь, поведение студента, интеллектуальная обучающая система*

1. Введение

Развитие и совершенствование архитектуры интеллектуальных обучающих систем находится в центре внимания многих исследователей Conati C. & VanLehn K., 1996; Kinshuk & Patel, 1997; Gertner A. et al., 1998; Yang & Akahory, 1999. В работах следующих ученых: Адамович И.М., Черевик Д.В., Бабанина Л.Н., Брусиловского П.Л., Баловнева О.Т, Казеннова А.Ю., Берестовой В.И., Заволович О.В., Рыбиной Г.В. отражались вопросы построения и использования экспертных обучающих систем. Принципы построения систем диалога для обучающих систем рассмотрены в работах Машбиц Е.И., Андриевской В.В., Комиссаровой Е.Ю., Голицыной И.Н., Гофен А.М., Левина Н.А., Корниловой Т.В., Тихомирова О.К., Петровой Н.А., Сухининой М.А., Федорова Б.И., Джалиашвили 3.0. Подходы к построению архитектуры экспертных обучающих систем рассматривались Поповым Э.В., Фоминых И.Б., Кисель Е.Б., Шапот М.Д., Петрушиным В.А.

На сегодняшний день имеется ряд разработок в данной сфере, которые проводятся учеными с НИИ «Искусственный интеллект» ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. Также в данном направлении ведутся исследования за пределами нашей страны, включая такие страны как Россия, Великобритания, США и т.д.

В результате реализации данных исследований подразумевается создание исключительной интеллектуальной обучающей (далее - ИОС) системы для обеспечения более технологически качественного обучения. Овладение обучающимися новыми способами коммуникаций, а также получения и обработки информации с помощью интеллектуальных электронных средств становится обязательным требованием к конкурентоспособной личности в условиях рынка.

2. Исследование реализация рефлексии в интеллектуальной обучающей системе посредством моделирования поведения студента и построения эффективной обратной связи

Основной принцип, которого придерживаться информационная обучающая система, разрабатываемая учеными ЕНУ им. Л.Н. Гумилева выражена в следующей концепции (Рисунок 1).

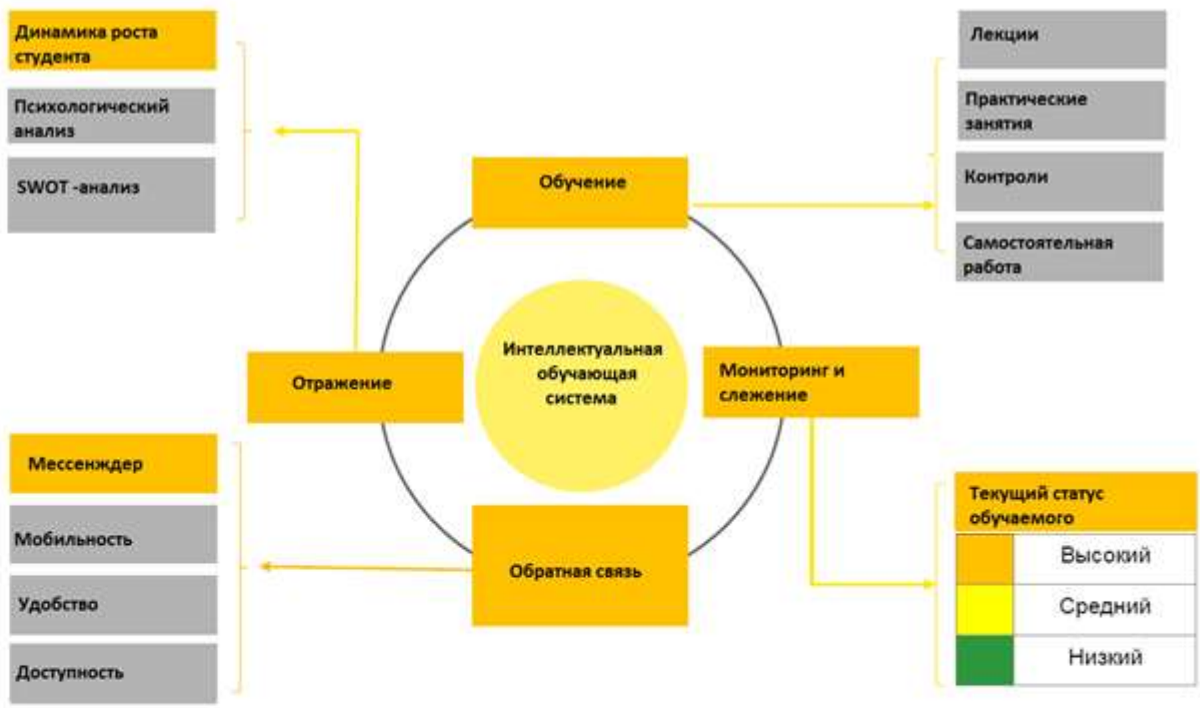


Рисунок 1 – Разработанная концепция ИОС

При разработке ИОС будет предусмотрено, что в основу модуля по мониторингу и слежению за поведением студента в процессе обучения закладывается модель студента. Авторами статьи были выделены основные критерии успешного студента, однако преподаватель может выделять дополнительные критерии в зависимости от своей дисциплины.

В ИОС должны быть реализованы следующие возможности:

-просмотр поведения студента, то есть его желание продолжать изучать данную дисциплину далее;

- просмотреть наличие обратной связи преподавателя с каждым студентом;
- показать студенту его отражение в учебном процессе в виде динамики роста.

Таким образом, отличная идея создать общую модель поведения студента в интеллектуальной обучающей системе и потом далее смотреть отклонения от нее в отрицательную или положительную стороны.

Предполагается выделение одного идеального шаблона поведения студента, после чего происходит наложение поведения студента на этот шаблон и выявляются отклонения.

Модели могут быть созданы компьютером или разработаны исследователем вручную, это зависит от масштабов исследования.

На основе этих отклонений будет строиться рекомендации ИОС, как студенту, так и преподавателю.

Рисунок 2 – Критерии модели поведения студента

Под критерием дисциплинированность интеллектуальная обучающая система будет воспринимать желание студента в установленный срок изучить заданный материал.

Понимание студента система будет оценивать в виде открытого ключевого вопроса, требующего однозначного ответа.

Ответственность оценивается желанием студента выполнить самостоятельное задание не только в срок, но и качественно.

Социальная зрелость студента оценивается после каждого занятия и представляет собой общий уровень понимания студентом пройденного материала и возможностью применить полученные знания на практике.

С точки зрения технической реализации существуют различные методы отображения информации о студенте, в том числе оверлейная модель, в которой знания студента представляются как подмножество знаний эксперта предметной области, модель на основе ошибок, сети Байеса, позволяющие отобразить вероятность того, что студент знает то, или иное понятие или владеет тем или иным навыком, и др.

Однако вне зависимости от технической реализации, благодаря ИОС, оценивающей все названые характеристики студента, станет возможной автоматическая оценка компетенций студентов. При этом также будет указан текущий статус обучаемого в процессе обучения – высокий, низкий или средний.

Необходимо отметить, что профилирование пользователей в ИОС, то есть построение моделей студентов, может использоваться как для увеличения гибкости системы, ее возможности адаптироваться под стиль обучения студента, его знания, так и для увеличения эффективности оценки конкретных характеристик студента и в целом – его компетенций (Рисунок 3).

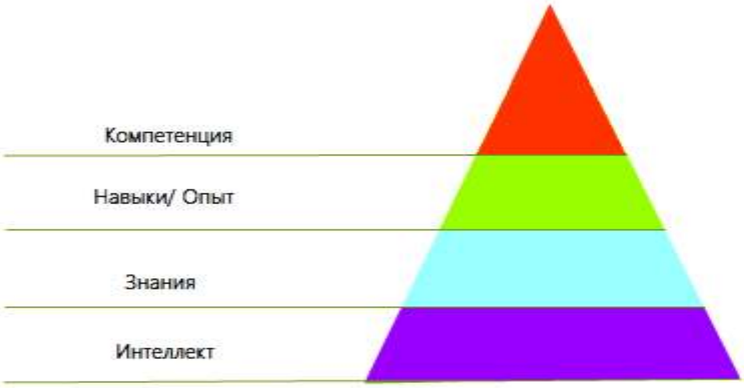


Рисунок 3 – Принцип ИОС

ИОС не должна быть только дополнительной технологией обучения в образовательном процесса, она должна стать, полноценным помощником преподавателя, взяв на себя ряд определенных функций.

Использование мессенджеров для организации обратной связи между студентом и преподавателем посредством интеллектуальной обучающей системы является более удобным и доступным средством, чем корпоративная электронная почта. Мобильное устройство всегда под рукой, а оперативный мессенджер доставит информацию в любое время суток.

Система обмена сообщениями (мессенджер) является одним из самых доступных и востребованных средств общения в Интернете, в корпоративных и локальных сетях. Службы обмена сообщений разделяются на службы обмена сообщениями в режиме оффлайн (почтовые системы e-mail) и службы мгновенных сообщений (Internet Relay Chat и Instant Messaging Service) в режиме онлайн.

Список основных функций, которые могут предоставлять современные мессенджеры служб мгновенных сообщений:

- чат (видеочат, текстовый и голосовой);
- VoIP сервисы: звонки на компьютер, звонки на стационарные и мобильные телефоны;
- возможность отправки SMS;
- передача файлов;
- инструменты для совместной работы в режиме реального времени;
- возможность общаться в чате непосредственно на веб-странице;
- напоминания и оповещения;
- хранение истории общения по каждому контакту;
- индикация о сетевом статусе пользователей (в сети, нет на месте и т.д.), занесенных в список контактов.

Также одним из основных удобств мессенджеров является наличие мобильных версий. В настоящее время снижение цен на смартфоны и доступные тарифы от операторов сотовой связи позволяет населению страны активно использовать мобильные устройства для общения друг с другом посредством мессенджеров.

С января по июль 2014 года количество фиксированных телефонных линий в Казахстане увеличилось до 720,2 тыс. единиц, абонентов сотовой связи - до 14777,9 тыс., абонентов сотовой связи, имеющих доступ к Интернету - до 6887,3 тыс., абонентов фиксированного Интернета – до 707,5 тыс.

На текущий момент наиболее популярными мессенджерами являются в Казахстане и странах СНГ Skype, Jabber, WhatsApp, Viber, Telegram.

После проведенного опроса среди студентов, касательно «Какой мессенджер для Вас является наиболее удобным и популярным?» были получены следующие результаты (Рисунок 4).

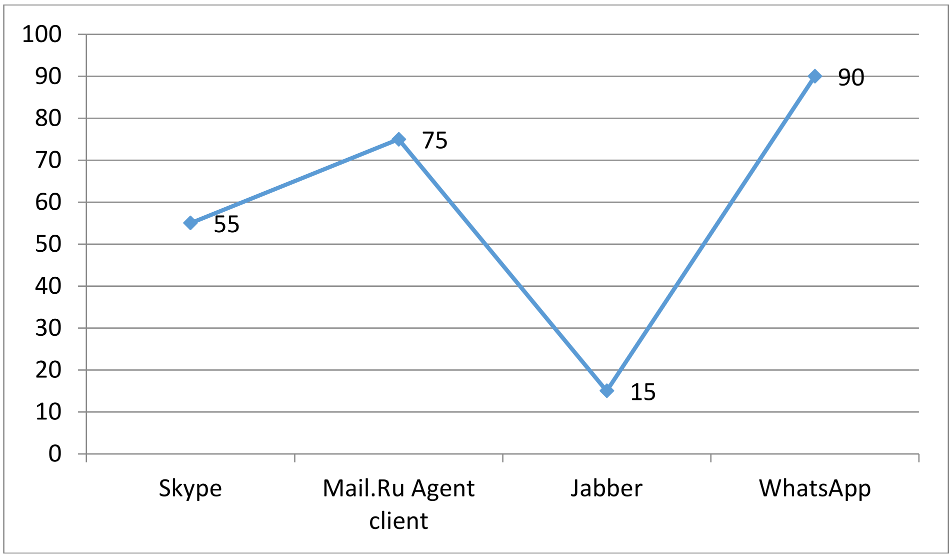


Рисунок 4. - Какой мессенджер для Вас является наиболее удобным и популярным?

Если рассматривать аудиторию мессенджеров в целом по миру, то имеется следующая статистика (Рисунок 5).

Рисунок 5 – Аудитория мессенджеров

Также студентам был задан следующий вопрос «Почему через мессенждер лучше получать оповещение, чем через корпоративную электронную почту?» (Рисунок 6).

ИОС в процессе обучения студента осуществляет постоянный мониторинг за любыми изменениями в его поведении. Общая информация о текущем статусе студента предоставляется в ИОС в графическом виде.

Необходимо отметить, что здесь исследованию подлежит обучение студента через его отражение посредством использования принципа наглядности. Принцип наглядности требует, чтобы процесс обучения строился на основе живого восприятия студентами конкретных предметов и явлений объективной действительности, то есть результатов его обучения.

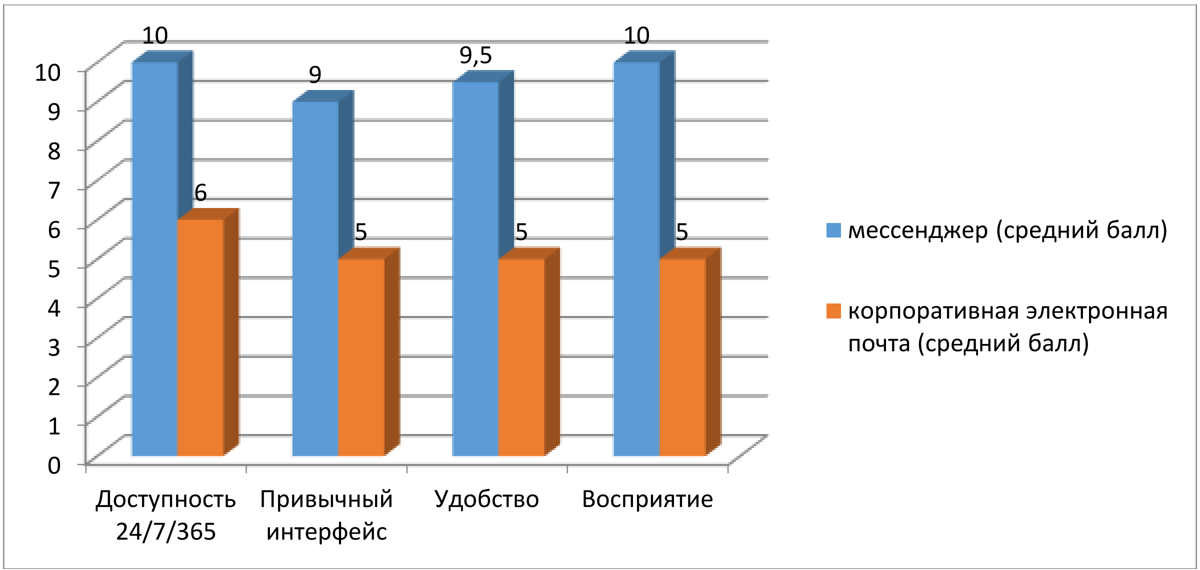


Рисунок 6 - Почему через мессенждер лучше получать оповещение, чем через корпоративную электронную почту?

ИОС используя различные методы, такие как SWOT – анализ, психологические методы исследования, такие как метод анализа продуктов деятельности и т.д. формирует текущее состояние студента в его образовательной траектории, указывает на недостатки и преимущества и выступает в качестве личного тьютора.

Ключевым моментом исследования является реализация рефлексии в интеллектуальной обучающей системе посредством моделирования поведения студента и построения эффективной обратной связи.

1. S. K. Goyal, An integrated inventory model for a single supplier-single customer problem, International Journal of Production Research, vol.15, pp. 107-111, 1977.
2. http://antivirus.ua/content/messengers.

Аңдатпа. *Бұл мақалада мессенджерлерді интеллектулды оқыту жүйелердегі кері байланыстың әсерін арттыруы және студенттерді бақылау модулінің іске асуының қажеттігі зерттеледі. Казіргі кезде студенттер mail.ru,Facebook,vk.com секілді әлеуметтік желілердің активті қолданушысына айналып , Facebook messenger,Whatsapp т.с.с мессенджерлерді өзара қарым-қатнас жасау үшін қолданатынын айтып өту керек. Осы мезетте мынадай сұрақ туындайды: неліктен сол технологияларды , студент пен мұғалім арасындағы, одан әрі сапалы кері байланыс орнату үшін қолданбасқа? Сол себепті ол жалпы білім беру сапасына оң әсерін тигізеді.*

Түйін сөздер:*Мессенджер,кері байланыс,студент тәртібі,интеллектуалды оқыту жүйесі.*

Abstract. *This article explores the need to implement a module for tracking the behavior of students and the use of messengers to improve the effectiveness of feedback in intelligent tutoring systems. It should be noted that currently the modern students are active users of social networking mail.ru, Facebook, vk.com and use different instant messengers, such as Facebook messenger, Whatsapp, etc. to communicate with each other. This raises the question, why not use these technologies to build more productive feedback between student and teacher, which also will affect the quality of education in general.*

Keywords: *Messenger, feedback, student behavior, intelligent tutoring system.*

UDC 577.29

Anna Yu. Pyrkova, Anatoly T. Ivashchenko, Olga A. Berillo

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF PARALLELIZATION ALGORITHM FOR PREDICTION OF MIRNA BINDING SITES IN MRNA. MIRTARGET PROGRAM

(Al-Farabi Kazakh National University)

Abstract: *Today in the human genome of the person more than 2500 miRNA are known, it is necessary for each miRNA to find target genes among 30 thousands genes of the human. Large amount of calculations demands creation of the program, allowing processing these huge data files. In presented article the solution of the problem of gene scanning for the purpose of prediction of sites of binding of miRNA with matrix RNA (mRNA) is proposed. During the conducted research by authors the following results were received:*

- the mathematical model of optimum process of scanning of genes and miRNA sequences is constructed;

- the constructed algorithm of scanning of genes with miRNA is parallelized on the cluster platform with use of MPJ tools (Java MPI);

- the developed program was used for performing researches by search of sites of binding of miRNA from matrix RNA (mRNA).

Keywords: *miRNA and mRNA, mathematical model, algorithm, Java MPI, the cluster platform, the parallelized algorithm, scanning, complementarity.*

Scanning genes [1], [2] is a process of consecutive comparison of sites of a gene with miRNA with possibility of adding one gap in miRNA in positions with the 3rd on n-2-th, where by n – nucleotide number (length) of miRNA. Thus there is an assessment all of possible comparisons on one site of mRNA with miRNA which is defined according to the value of free energy of compared sequences. It is considered the best that option which is closer (in a percentage ratio) on free energy for coincidence of miRNA and a gene site on the basis of a complementarity. Scanning of a genome allows to reveal hundreds possible targets for therapy of various diseases. Such scanning is important because knowledge the interacting genes will allow to define that, for what this or that protein and, respectively, what intracellular processes answers are broken at this disease.

The mathematical model of a problem of scanning genes can be formulated in the following view:

Let $\{u_l\}$, $l=\overline{1,N}$ – a set of nucleotide or amino-acid sequences $miRNA$, N – amount of sequences $miRNA$, and $\{v_g\}$, $g=\overline{1,M}$ – a set of sequences of genes $mRNA$, M – amount of sequences $mRNA$, then $\langle u_l, v_g, Number, Position, Where, Energy, Score, Length\rangle_{l=\overline{1,N}, g=\overline{1,M}}$ – scanning genes, where $Number$ – order number, $Position$ – a position of u_l in v_g, $Where$ – an element from a set $\{5'UTR, CDS, 3'UTR\}$, defining site arrangement area u_l in v_g, $Energy$ – value of free energy on the basis of a complementarity, $Score$ – value of $\Delta G/\Delta G_m$, $Length$ – length of u_l.

Algorithm of the program of scanning genes on the cluster

1 step. *Verification of attributes in a command line.*

```
mpjrun.bat -np number_of_parallel_processes /path/to/Base
minimal_percentage_of_convergence directory_with_genes
directory_with_miRNAs file_name_of_result_mres
file_name_of_result_xls
```

For example, `mpjrun.bat -np 10 Base 80 gene mir ResultsFull ResultsBrief`

2 step. *The main process (MASTER) invokes the function which forms the geneName array of the files containing genes.*

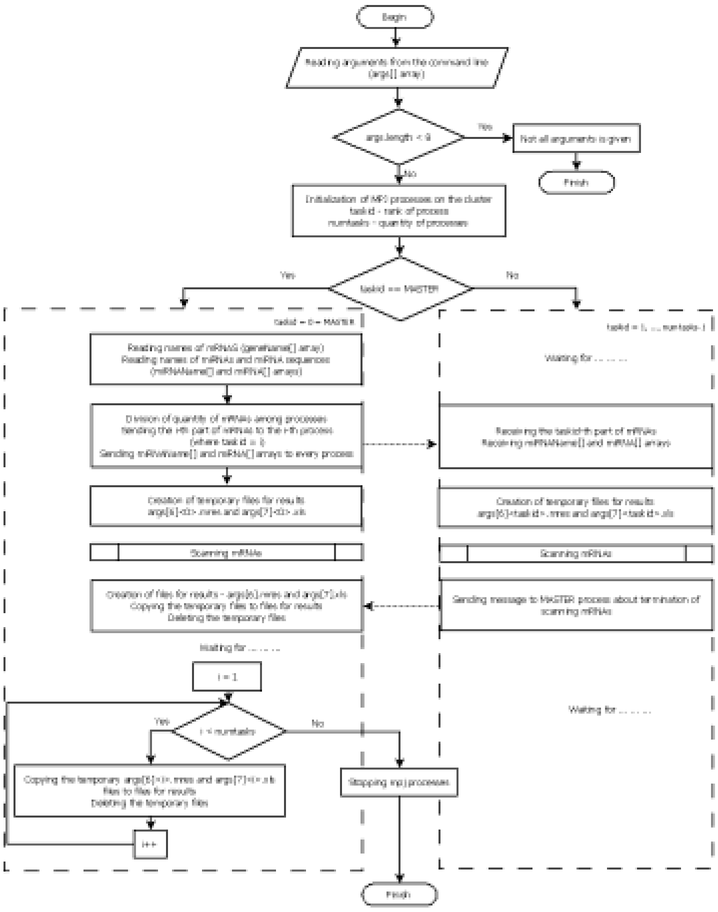


Fig. 1. Flowchart of the scanning program (parallel algorithm).

3 step. *The main process (MASTER) invokes the function which forms two arrays for miRNAs:*

1) `miRNAName` array of the miRNA names;

2) `miRNA` array of miRNA sequences. Thus there is a check of the format of the file with miRNA.

```
>let-7a-2-3p          MIRLET7A2-ex-cod  11
CUGUACAGCCUCCUAGCUUUCC
```

Fig. 2. File structure with miRNA (.mir).

4 step. *The main and parallel processes create files with the names args[6]<task_id>.mres and args[7]<task_id>.xls for saving result.*

5 step. *The main process (MASTER) divides genes between parallel processes and dispatches a certain part of the geneName and the miRNAName and miRNA arrays. The main process also receives part of genes for scanning.*

6 step. *Processes read out consistently genes from files of the geneName array and check the file format with gene.*

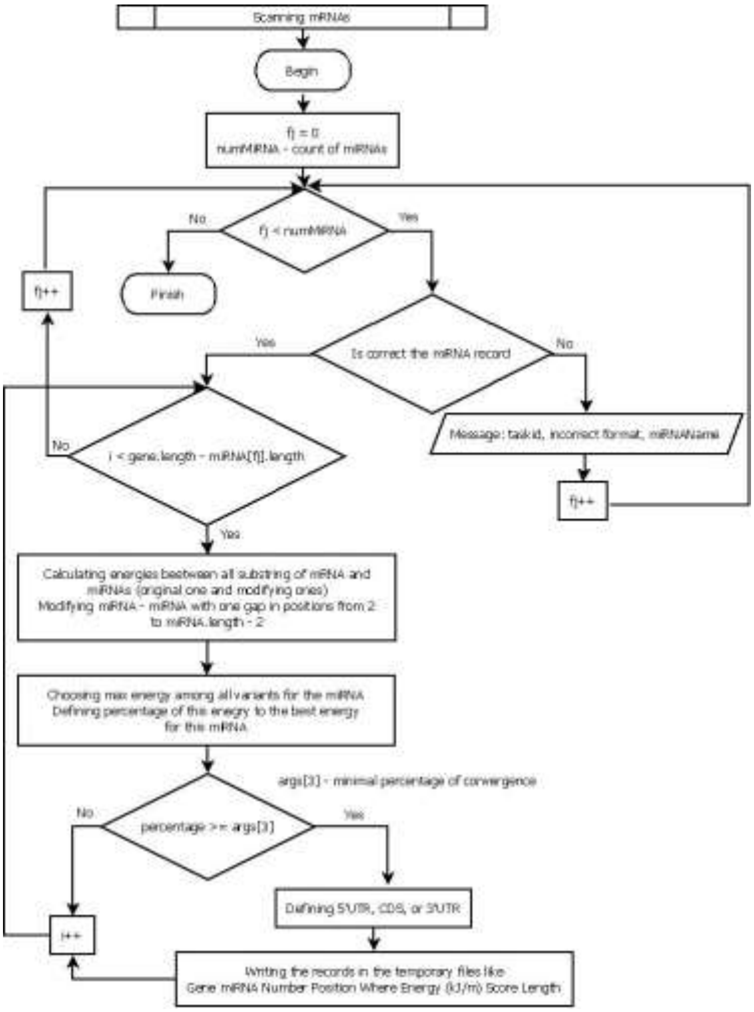


Fig. 3. Flowchart of procedure of scanning mRNAs.

7 step. *Processes scan their genes consistently with miRNA, allowing one gap in miRNA in positions from the 3rd to the n-2-th where by n – nucleotide number (length) of miRNA, and choosing that option which is closer (in a percentage ratio) on free energy for coincidence of miRNA and a gene site on the basis of a complementarity.*

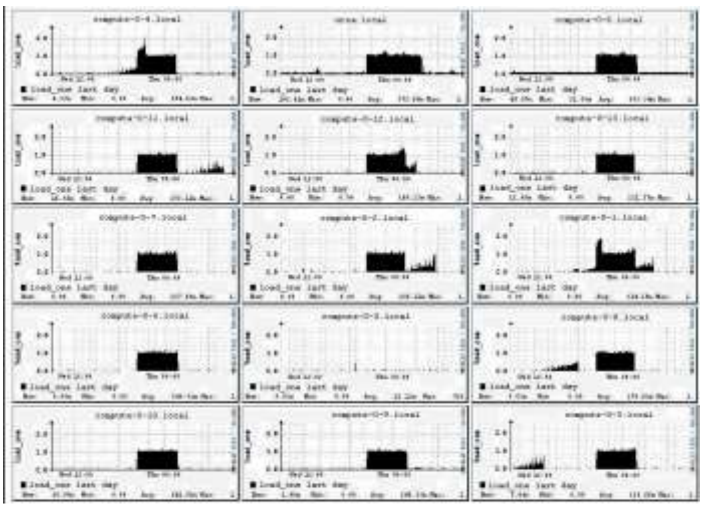


Fig. 4. Load of the cluster (For the database containing 13016 genes and 100 miRNAs operating time

is 2 hours 15 minutes 19 seconds).

8 step. *Processes form the args[6]<task_id>.mres and args[7]<task_id>.xls files and after completion of processing of their part of genes send messages about completion to the main process.*

9 step. *The main process (MASTER) receives messages from parallel processes, copies information from the corresponding args[6]<task_id>.mres and args[7]<task_id>.xls files in the args[6].mres and args[7].xls files, and deletes the args[6]<task_id>.mres and args[7]<task_id>.xls files.*

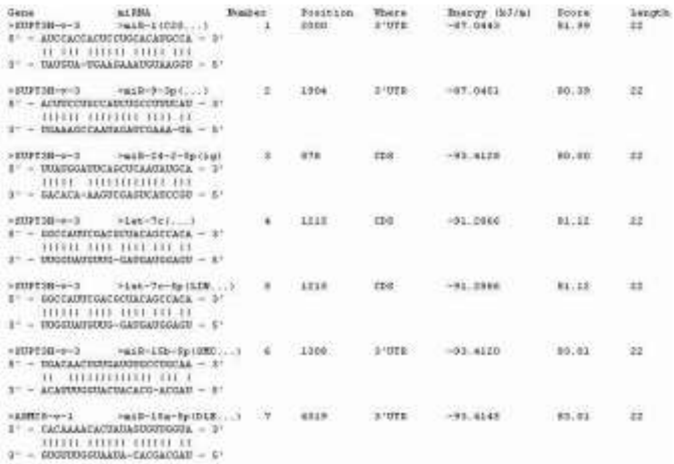


Fig. 5. Result of scanning genes on the cluster (the amount of the processed sequences makes 13016 mRNA and 100 miRNA). Speed of work of the algorithm parallelized on 18 nodes is 66.5 times higher than the speed of work of serial algorithm.

Comparative analysis of linear and parallel algorithms of scanning genes

Table 1. Scanning genes (time is specified in seconds), total of genes- 13016.

	Duration of processing 100 mRNA and 100 miRNA (average length – 21)	Duration of processing 1000 mRNA and 100 miRNA (average length – 21)	Duration of processing 10000 mRNA and 100 miRNA (average length – 21)
Linear algorithm	3	54	532
Parallelized algorithm (dual-core processor)	1	25	69
Parallelized algorithm (a cluster platform of 15 nodes)	1	3	8

Conclusion

The MirTarget program has advantages which are not present in known programs of predicting of binding sites of miRNA with mRNA. In literature there are many data about the value of free energy of hydrogen bond between nucleotides in water solution [3]. However there is a wide spacing of value of free energy of this bond and it is difficult to give preference to certain data [4], [5]. It is important to know the relative relations of free energy of hydrogen bond between nucleotides as they are necessary at formation of RNA of secondary and tertiary structures. The analysis of free energy of the hydrogen bond arising between nucleotides at intramolecular interaction of mRNA at formation of its secondary structure showed that between nucleotides of G-C is formed three, between A-U – two and between G-U and A-S – on one hydrogen bond. The relation of free energy of hydrogen bond in G-C and A-U pairs approximately corresponds to the relation of forces of their interaction 3:2 (0.188 nNewton and 0.125 nNewton) [6]. The value of free energy of one hydrogen bond between nucleotides changes in the range from -0.7 to -1.6 kcal/mol [7]. In the MirTarget program free energy of interaction of nucleotides due to hydrogen communications was considered as equal to 6.368 kJ/mol and 4.246 kJ/mol for G-C and A-U pairs, and 2.123 kJ/mol for G-U and A-S pairs, respectively.

The distance between nucleotides G-C and A-U pairs makes 1.03 nm, between nucleotides G-U pair it is equal 1.02 nm and between nucleotides A-S pair equally 1.04 nm [8]. Therefore, formation of hydrogen bonds between these couples of nucleotides allows two-chained structure of mRNA to have a spiral form similar to DNA regular structure. Such structure of mRNA except hydrogen bonds is stabilized by stacking-interactions between the nitrogenous bases [9]. Between nucleotides of couples purine-purine and pyrimidine-pyrimidine distances significantly differ from 1.03 nanometers: distances of A-A, G-A and G-G are equal to 1.23 nm, 1.25 nm and 1.25 nm, respectively. In couples of pyrimidine-pyrimidine distances between nucleotides too significantly differ from 1,03 nanometers: distances of C-C, U-U and U-C are equal to 0.85 nm, 0.81 nm and 1.18 nm, respectively. Therefore, in such couples hydrogen bonds are not formed, and these couples will break regular structure of two-chained miRNA with mRNA reducing stability of the RISC complex (RNA-induced silencing complex). Therefore, in the program such couples of hydrogen bonds were not considered.

At alignment of the nucleotide sequences of miRNA with mRNA we assume existence of only one admission on miRNA (lack of complementary couple of hydrogen bond) that allows considering binding sites of mRNA longer miRNA on one nucleotide. In this case the regular structure of a spiral is broken and there is its bulg. Free energy of binding miRNA with mRNA of such structure is less, than in alternative case. The program determines free energy of hybridization (ΔG, 100 kJ/mole) of miRNA with mRNA and the scheme of their interactions, calculation of the relations ΔG/ΔGm, levels of reliability (p) and the mRNA areas, where the site (5′UTR, CDS or 3′UTR), since the first nucleotide 5′UTR, is located. ΔGm is equal to free energy of binding miRNA with completely complementary to it a site of nucleotide sequence of miRNA. Level of reliability (p) was defined on the basis of value ΔG and its standard deviation. The program outputs the scheme of interaction of miRNA with mRNA, a site position in 5'UTR, CDS or 3'UTR, free energy of interaction of miRNA with mRNA, and its relative value from the maximum energy of binding miRNA. In the program the threshold value of this relation is set, this value allows not considering sites with weak free energy of binding.

1. Lesk, A.M.: Introduction to Bioinformatics. Oxford University Press, Oxford (2002)
2. Jones, N.C., Pevzner, P.A.: An Introduction to Bioinformatics Algorithms. Massachusetts Institute of Technology Press, Massachusetts (2004)
3. Guckian, K.M., Schweitzer, B.A., Ren, R.F., Sheils, C.J., Paris, P.L.: Experimental measurement of aromatic stacking in the contex to duplex DNA, Vol. 118. J.Am.Chem.Soc. (1996) 8182–83
4. Turner, D.H., Sugimoto, N., Kierzek, R., Dreiker, S.D.: Free energy increments for hydrogen-bonds in nucleic acid base pairs, Vol. 109. J. Am. Chem. Soc. (1987) 3783–85
5. Sugimoto, N., Kierzek, R., Turner, D.H.: Sequence dependence for the energetics of dangling ends and terminal base pairs in ribonucleic acid, Vol. 14. Biochemistry (1987) 4554–58
6. Boland, T., Ratner, B.D.: Direct measurement of hydrogen bonding in DNA nucleotide bases by atomic force microscopy, Vol.92. Proc. Natl. Acad. Sci., USA (1995) 5297-5301
7. Kool, E.T.: Hydrogen bonding, base stacking, and steric effects in DNA replication, Vol. 30. Annu. Rev. Biophys. Biomol. Struct. (2001) 1–22

8. Leontis, N.B., Stombaugh, J., Westhof, E.: The non-Watson–Crick base pairs and their associated isostericity matrices, Vol. 30(16). Nucleic Acids Res. (2002) 3497–3531
9. Richard, A. Friedman, Honig, B.A.: Free Energy Analysis of Nucleic Acid Base Stacking in Aqueous Solution, Vol. 69. Biophysical Journal (1995) 1528-1535

Аңдатпа. *Осы уақытта адам геномында 2500 артық miRNA белгілі, 30 мың адам геномының арасынан әрбір miRNA үшін нысана генін табу қажет. Есептеулердің үлкен көлемі, ауқымды деректер массивін өңдеуге рұқсат ететін программа құруды талап етеді. Ұсынылған мақалада РНК (mRNA) матрицасымен miRNA байланысын гендерді сканерлеу есебінің шешімі сайттарды болжау мақсатымен ұсынылған. Жұмыс барысында жүргізілген зерттеулер нәтижесінде авторлар төмендегідей нәтижелерге қол жекізді:*

- miRNA тізбегі мен гендерін сканерлеу процессі кезінде тиімді математикалық пішін құрылды;

- MPJ (Java MPI) құралдарын қолдану арқылы кластерлі платформада параллелденген miRNA гендерін сканерлеу алгоритмі құрылған;

- құрылған программа РНК (mRNA) матрицасы miRNA байланыс сайттарын зерттеу жүргізу үшін іздеу кезінде қолданылған.

Түйін сөздер: *miRNA және mRNA, математикалық пішін, алгоритм, Java MPI, кластерлі платформа, параллелденген алгоритм, сканерлеу, комплементарлық.*

Аннотация: *В настоящее время в геноме человека известно более 2500 miRNA, необходимо для каждой miRNA найти гены мишени среди 30 тысяч генов человека. Большой объём вычислений требует создания программы, позволяющей обрабатывать эти огромные массивы данных. В представленной статье предложено решение задачи сканирования генов с целью предсказания сайтов связывания miRNA с матричной РНК (mRNA). В ходе проведённого исследования авторами были получены следующие результаты:*

• построена математическая модель оптимального процесса сканирования генов и последовательностей miRNA;

• построенный алгоритм сканирования генов с miRNA распараллелен на кластерной платформе с использованием средств MPJ (Java MPI);

• разработанная программа была использована для проведения исследований при поиске сайтов связывания miRNA с матричной РНК (mRNA).

Ключевые слова: *miRNA и mRNA, математическая модель, алгоритм, Java MPI, кластерная платформа, распараллеленный алгоритм, сканирование, комплементарность.*

ӘОЖ 37.014.6:004.414.23(574)

А.Е. Сағымбаева, Ә.Е. Жақсылықов

БІЛІМДІ БАҚЫЛАУДЫ КОМПЬЮТЕРЛІК КӨПДЕҢГЕЙЛІ АҚПАРАТТЫҚ МОДЕЛЬ НЕГІЗІНДЕ ІСКЕ АСЫРУДЫҢ ҚАЖЕТТІЛІГІ

(Алматы қ, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті)

Аңдатпа. *Мақалада білімді бақылауда компьютерлік тестілеу жүйесін қолданудың мүмкіндіктері қарастырылған. Бейімделген тестілеудің көптеген нұсқалары сипатталған. Ақпараттық модель ұғымына анықтама беріліп, оның білімді бақылаудағы қолданылуы негізделген. Білімді бақылаудың көпдеңгейлі ақпараттық моделінің компьютерлік моделін жасау қажеттілігі анықталған.*

Түйін сөздер: *бақылау, бейімделген бақылау, деңгей, модель, көпдеңгейлі ақпараттық модель, компьютерлік модель*

Білім алушылардың білімін бақылау оқыту үдерісінің негізгі құрамдас бөліктерінің бірі болып табылады. Бақылау оқыту әрекеті ретінде оқу іс-әрекетінің соңғы нәтижесі бойынша меңгеру сапасын анықтау ғана емес, сонымен қатар бақылау барысында білім алушы өзінің ойлау операцияларының қатесіз жүзеге асуын белсенді бақылаушы, оның оқытылатын оқу өлшемінің мәні мен мазмұнына (ұстанымдарға, заңдылықтарға, ережелерге) сәйкес болуын сараптауына және оқу тапсырмасын дұрыс шешу міндетін бағдарлауына қызмет етеді. Бақылау сонымен қатар, оқу үдерісінің сапасы жайлы ақпарат алу жолы болып табылады. Бақылау білім алушының әрекетіне бағытталады, сондай-ақ, білім алушы мен мұғалімнің арасындағы өзара бір-бірімен әрекетін көрсетеді.

Мұғалім мен білім алушының іс-әрекетін оның нәтижелері бойынша келесі деңгейлердің біріне (әрбір келесі деңгей алдыңғы деңгейді қамтиды) жатқызуға болады.

Бірінші деңгей (I) – репродуктивті (минималды) – адам өзі білетін және жасай алатын нәрселерін өзгелерге айтып бере алады.

Екінші деңгей (II) – адаптивті (төмен-орташа) – адам өз хабарламасын бірге жұмыс істейтін адамдардың жасына және жеке ерекшеліктеріне сәйкес бейімдей алады.

Үшінші деңгей (III) – жүйелі-модельдеуші (жоғары) – адам өз пәнін өзге адам тұлғасын, шығармашылық ойлау қабілетін қалыптастыру құралы, жаңа білімдерді өз бетімен іздеу, оларды жалпылау және іс-әрекеттің жаңа жағдайларында пайдалана білу біліктілігін қамтамасыз ете алады.

Сонымен қатар, жеке тұлғаға бағдарланған оқыту үдерісінде білім алушылардың продуктивтік, репродуктивтік және шығармашылық деңгейде іс-әрекеттерін дамытуда бақылау әдістерінің осыған сай оқыту және дамыту тұрғысынан әсері болатындай жүзеге асыруды қажет етеді. Осыған байланысты бақылау тапсырмаларын дайындағанда білім алушылардың логикалық іс-әрекеті мүмкін болатындай проблемалық жағдайлардың болуы ескерілуі керек.

Оқыту сапасы мониторингі жүйесі операциялық және элементтік талдаудың компьютерлік әдістеріне негізделген. Бұл әдістерді іске асыруда білім алушылардың барлық бақылаушы іс-әрекеттері жеке операцияларға бөлінеді. Әрбір операцияға меңгеруге қажет, берілген элементтің қиындығы мен маңыздылығын анықтайтын статистикалық салмақ беріледі. Білім алушының жұмысын бақылау белгіленген элементтің құрылымын есепке ала отырып іске асырылады. Осындай оқыту сапасы мониторингінде талдау нәтижелерін түсіндірудің бірнеше деңгейлері қарастырылады. Осы берілгендерді есепке ала отырып, әрбір білім алушы үшін міндетті оқу материалын меңгерудің жеке траекториясын құруға болады. Нақты оқу материалын ғана емес, сонымен қатар білім алушылардың ақыл қабілетін дамытушы, жалпы ойлау біліктілігі мониторингін бақылау мүмкін болады.

Қазіргі заманауи әлемде ақпараттық технологияларды жаппай қолдану өмірдегі адам іс-әрекетін тиімді компьютерлік іске асыруға байланысты әрбір білім алушының жеке даму траекториясын қамтамасыз ету және оқыту сапасын тиімді бағалау үшін компьютерлік технологияны қолдану қажет екендігі белгілі.

Білімді бақылауда компьютерлік тестілеу жүйесі тек қана:

- тест тапсырмаларын жасақтау;
- бақылауды жүзеге асыру (тестілеу);
- алынған нәтижелерді бағалауды автоматтандыру үшін ғана қолданылады.

Мұндай тестілеудің компьютерде орындалу тәртібінің автоматтандырылуы тест тапсырмасының күрделілігі, оны орындау уақыты, тестілеудің тақырыбына және мақсатына сәйкес және т.б. сияқты сарапшылардың жасаған параметрлері сапалы тест тапсырмаларының қорын жасауға және қолайлы түрде тестілеу үдерісі мен білімді бағалау деңгейін жүзеге асыруға ғана мүмкіндік береді. Нақты пән аумағының оқу материалдарын қамтитын қорытынды естихандарда өте көп тест тапсырмалары болғандықтан, мұндай тест тапсырмаларына жауап беру көп уақыт шығынын қажет ететіндіктен, тест тапсырушы үшін өте ыңғайсыз, стресстік сипатта болады, яғни тест тапсырушының тез шаршауына, олардың тапсырманы орындау барысында зейіндерінің төмендеуіне, ашуланшақтыққа әкеліп соғады және бақылау кезінде білім алушының білім деңгейін толық бағалай алмауға әкеледі.

Сондықтан да, тестілеудің тиімділігін арттырудың келесі жолының бірі болып бейімделген тестілеуді қолдану болып табылады, онда тапсырманың берілу тәртібі мен қорытынды бағалау тест тапсырушының жауабына байланысты болады. Бұл бейімделген бақылауды оқытушының білім алушыдан ауызша сұрауы кезінде жүзеге асырылатын білімді бағалау үдерісіне сәйкес жасалады. Бейімделген тестілеу - тапсырмалар арасындағы маңызды байланысты шығару жолы арқылы құрылатын тест тапсырмалары, яғни қандайда бір құрылым түрінде болуын ұсынады. Мұндай құрылымның құрылу мақсаты ережеге сай сарапшылармен шешіледі және автоматтандыруға нашар беріледі. Құрылымның сараптала құрылуы көбінесе білімді бақылау мақсатымен емес пән аумағының құрылымымен анықталады. Сонымен қатар, сараптау жолы білім аумағының көрініс беруіндегі бақылау кезінде (сарапшының логикалық байланысын құру қиынға соғуында немесе мүлде болмағанда) немесе көбінесе тәжірибе жүзінде, мысалы, медициналық білім беруде пәнаралық тесттік бақылау кезінде нәтижесі шамалы болып келеді. Тест құрылымын құру әдісінің болмауы бейімделген тестердің белгілі бір білім аумақтарының білім беру үрдісінде аз қолданылуына әкеліп соқтырады.

Батыс әдебиеттерінде бейімделген тестердің үш нұсқасы ерекшеленеді. Біріншісі, пирамида тәрізді тестілеу деп аталады. Барлық сыналушыға бағасыз алдын ала орташа қиындық деңгейіндегі тапсырма беріледі. Жауапқа сәйкес әрбір сыналушыға тапсырма оңай немесе қиын болып беріледі. Әрбір қадамда қиындықты теңдей бөлу шкаласын қолданылады. Екінші нұсқада, бақылау қалауы бойынша кез келген сыналушыдан басталады. Қиындық деңгейі біртіндеп білімнің нақты деңгейіне жақындайды. Үшінші нұсқа, тестілеу қиындық деңгейлері бойынша бөлінген тапсырма қорымен жүргізіледі.

Осылайша, бейімделген тест қиындық параметрлері мен әрбір тапсырманың саралау қабілеті түрінде мәлім автоматтандырылған тестілеу жүйесінің нұсқасын ұсынады. Бұл жүйе тапсырмалар сипаттамасына қарай реттелген компьютерлік тапсырмалардың қоры түрінде құрылады. Бейімделген тест тапсырмасының ең басты сипаттамасы – олардың тәжірибелі жолмен алынған қиындық деңгейі болып табылады.

Сондықтан да, ғылыми техникалық прогресстің даму қарқынына сәйкес оқу курсының мазмұны үнемі өзгеріп және динамикалық түрде дамып отырады, осыдан келіп білімді бақылаудың көпдеңгейлі ақпараттық моделін құрып және оны компьютерлік іске асыру қажеттілігі туындайды.

Жалпы модель ұғымы күнделікті өмірде белгілі бір объектімен функциональдық немесе сыртқы түрімен сәйкес келетін “макет” ұғымымен сәйкес келеді. Модель деп берілген зерттеу үшін маңызды болып табылатын ерекшеліктерін сақтай отырып таным (оқыту) үрдісінде объект-үлгіні алмастыратын материалды немесе ой түріндегі объектіні айтамыз [1]. Ал модельдеу дегеніміз объект, үрдіс немесе құбылысты оқып білу және зерттеу үшін модельдер құру үрдісі болып табылады. Модельді өңдеу кезеңінде кез келген түрдегі (ауызша, нобай, кесте түрінде) элементар объектілердің қасиеттері, күй әрекеті және басқа да сипаттамалары анықталады. Элементар объектілер туралы, сол объектінің құраушылары туралы көріністер қалыптасады, яғни ақпараттық модель пайда болады. “Ал, ақпараттық модель деп объектінің күйін және қызметін сипаттайтын ақпараттар жиынтығын және оның сыртқы ортамен өзара байланысын айтамыз, яғни ақпараттық модель ақпараттар негізінде құрылады” [2].

Білім беру ортасы үшін ақпараттық модельдеудің дамуы орасан зор мәнге ие болды.

Ақпараттық модельдеу немесе нақты мәселеден ақпараттық модельге өту қазіргі заманғы информатиканың маңызды бағыттарының бірі болып табылады. Ақпараттық модельдеу әдісі ақпараттық модель ұғымымен байланысты. "Ақпараттық модель – ақпарат түрінде көрсетілген, адамның қолдануына қолайлы модель". Ақпараттық модель зерттеу объектісінің әртүрлі деңгейлік иерархиясын ұйымдастыруды сипаттайтын оқылған объект туралы маңызды мағұлмат алуға мүмкіндік береді. Осы мағұлматтардың жиынтығы объектінің ақпараттық құрылымы деп аталады.

Ақпараттық модельдеу барысында алынатын ақпараттың қызметтік байланысын, оны өңдеу мен қолдануын бейнелеуді талап етеді.

Таным – оқылған объектінің түрін дәл сақтайтын модель құруға болатындай, анықталған ғылымда объектіні соншалықты түсіну.

Білім алушылардың білімінің пәндік аумағына сәйкес бейнеленуі пәнді құратын объектілермен әрекет жасау үрдісінде жүзеге асады. "Адамның ойлауы, субъект объектімен өзара бірлесе әрекет ету барысында, бұрынан таныс кейбір жақтарды, соңғысының қасиеттерін тауып, ол жайлы жаңа білім алатын танымдық іс-әрекет болып табылады".

Танымның нақты объектісі әрқашанда қиын, сондықтан, объектіні оқытуды қолайлы жасау үшін модельді барынша қарапайым түрге келтіру керек.

Білім алушылардың оқу-әрекетін ақпараттық модельдеу олардың білім жүйесіне жаңа оқу ақпаратын енгізу технологиясын айқындауға мүмкіндік береді. Оқу барысында ақпараттық модельдеу әдісін қолдана отырып білім алушыларда қалыптасатын субъектілік модельдерінің таным объектісінің моделімен қандай параметрлер бойынша сәйкес келмейтінін анықтауға болады.

Білімді бақылау мен бағалау әдісі ретінде ақпараттық модельдеуді пайланудың негізгі артықшылығы - талдау нәтижесінде мұғалімге оқушыда қалыптасқан модельдің қандай параметрлер бойынша сәйкес келмейтіні белгілі болады.

Нәтижеде, мұғалім білім алушылардың бойында таным нысанына сай болатын модельді қалыптастыру мақсатында білім алушының іс-әрекетін белсенді ету мүмкіндігіне ие болады (білім алушының өзі-ақ модельді түзете алатын арнайы ұйымдастырылатын тәжірибелік өзіндік тапсырманы компьютерде орындауы арқылы). Білімді бақылауды дұрыс ұйымдастыруда білім алушылардың жеке ерекшеліктері ескерілетін ақпараттық қабылдау мен ақпаратты беруді қалыптастыруға мүмкіндік береді [3].

Білім алушылар ұсынылған ақпаратты қабылдауы, ұғынуы, түсінуі, өңдеуі, қолдануы қажет болғандықтан білім алушылардың оқу іс-әрекеті ақпараттық үрдіс болып табылады. Сондықтан, білім алушылар оқу іс-әрекетін әрқашан ақпараттық ортада іске асырады. Ақпарат – бұл таңбалар мен символдар көмегімен жазылған бейне.

Білім алушылар іс-әрекеттің субъектісі, жеке тұлға ретінде өзінің ақпараттық ауқымында пән ғана емес, сонымен қатар, пәнмен жұмыс істеу мүмкіндіктерін құрайды. Адам пәннің бейнесін құра отырып, өзіне бір мезгілде іс-әрекеттің субъектісін қамтып көрсетеді. Мұнда баға, бақылау және орындау негізгі бірлікте көрсетілген.

Адамның білімі құрылымдық бірлік - ұғымға негізделген күрделі иерархиялық құрылым болып табылады.

Ақпараттық модель жасанды интеллект принципіне сәйкес және біріншіден, берілген тақырып бойынша абсолюттік білімді бақылауды іске асыруды; екіншіден, тестілеу үрдісінде алдыңғы жауапқа байланысты тестердің берілу ретін қалыптастыру; үшіншіден, бағаны шығару үшін білім алушылардың білім қоры мен жауаптарының негізінде логикалық баға шығаруға мүмкіндік беретін айқын жиындармен жұмыс істеуге негізделген әдісті қолдану мүмкіндігін береді.

Сонымен, білімді меңгеру деңгейлерін компьютердің көмегімен бақылауда және ақпараттық модель негізінде деңгейлеп жасаған бақылау тапсырмаларын дайындау негізінде білім алушылардың білімін обьективті және салыстырмалы бағалау мүмкіндігі (техникалық құралдар көмегімен де) пайда болады. Мысалы, қиындық деңгейлерінің арту (немесе кему) шкаласы бойынша тапсырмалар сериясы түріндегі деңгейлік бақылау тапсырмаларын пайдалану өте қолайлы деп есептеуге болады.

Білімді бақылаудың бірқалыпты жиілікпен өткізілмеуі, бақылаудың оқыту мазмұны мен білім алушыларды толық қамтымауы, бақылау тапсырмаларын құрастыруда және білім алушылардың жауабын бағалаудағы субъектілік, білімді бақылау мен алынған мағлұматтарды өңдеуге оқытушыға көп уақыт пен күш жұмсауы, білім алушылардың іс-әрекеттерінің барысы жете ескерілместен оқу кезіндегі бақылауларға онша көңіл бөлінбей, тек соңғы нәтиженің тексерілуі сияқты мәселелер ғылыми-әдістемелік зерттеулерден тыс қалуда.

Ол үшін қазіргі кезеңдегі білім алушылардың білімін бақылаудың ерекшеліктерін қарастырыа отырып, оны теориялық тұрғыдан негіздеу; педагогикалық және техникалық бағыттағы ғылыми-зерттеу жұмыстарын талдау негізінде білімді бақылаудың көпдеңгейлі ақпараттық моделінің анықтамасын нақтылау; білімді бақылау жүйесінің педагогикалық, дидактикалық қырларын ескере отырып, білімді бақылаудың көпдеңгейлі ақпараттық моделін жасап және оны ғылыми түрде негіздеу; көпдеңгейлі ақпараттық модель негізінде білімді бақылаудың педагогикалық технологиясын жобалау және білімді бақылаудың көпдеңгейлі ақпараттық моделін компьютерлік іске асырудың дидактикалық негіздерін анықтап, білімді бақылаудың көпдеңгейлі ақпараттық моделінің компьютерлік моделін жасау қажеттілігі туындайды.

1. Даулеткулов А.Б. Олимпиады по информатике. Алматы 1999, 214 с.
2. Смағұлова Л.А. Орта мектептегі информатика курсында компьютерлік модельдеуді оқыту әдістемесін жетілдіру. Пед. ғ. к. дисс. автореф. Алматы, 2002, 25 б.
3. Сағымбаева А.Е. Информатика мұғалімдерін оқушылардың білімін бақылау мен бағалауға дайындау. Монография. – Алматы, 2009. - 200 б

Аннотация. *В статье рассматриваются возможности использования системы компьютерного тестирования при контроле знаний. Описываются различные виды адаптивных тестирований. Предлагается определение понятия информационной модели, обосновывается ее использование при контроле знаний. Определяется необходимость создания компьютерной модели многоуровневой информационной модели контроля знаний.*

Ключевые слова: *контроль, адаптивный контроль, уровень, модель, многоуровневая информационная модель, компьютерная модель.*

Abstract. *The possibilities of using of the system of computer testing in knowledge control are considered. Various types of adaptive testing are described. The definition of information model is given, its usage in control of knowledge is justified. Creation necessity of computer model of multilevel information model of knowledge control is determined.*

Keywords: *control, adaptive control, level, model, multilevel information model, computer model.*

ӘОЖ 373.1.013:002

А.Е. Сағымбаева, А.С. Назарбекова

ИНФОРМАТИКАНЫ ЖОБАЛАР ӘДІСІН ҚОЛДАНЫП ОҚЫТУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

(Алматы қ, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті)

Аңдатпа. *Мақалада информатикадан оқушылардың жобалық іс-әрекетін ұйымдастырудың бағыттары қарастырылады. Оқушылардың жобалау және зерттеу іс-әрекеттерінің қалыптастырудың педагогикалық міндеттері анықталады. Оқушылардың жобамен жұмыс жасау әдістері талданып, олардың жобалау іс-әрекетін бағалау параметрлері нақтыланады. Жобаны қорғаудың бағалау критерийлері келтіріледі.*

Түйін сөздер: *жоба, жобалау іс-әрекеті, зерттеушілік іс-әрекеті, бағалау критерийлері, бағалау параметрлері*

Қазақстан Республикасы Білім беруді дамытудың 2011 – 2020 жылдарға арналған Мемлекеттік Бағдарламасында: «...орта білім беру жүйесі қазақстандық қоғам дамуының қазіргі заманғы талаптарына және әлемдік білім беру кеңістігіне кірігу шарттарына сәйкес жаңғыртуды талап етеді» деп көрсетілген [1].

Сонымен қатар, ҚР жалпы білім беретін мектептің 5-11 сыныптарына арналған оқу бағдарламасында информатика пәнін оқытудың негізгі міндеттерінің бірі – оқушылардың жобалық іс-әрекетте ақпараттық технологияларды пайдалану тәжірибесін алу деп атап көрсетілген. Сонымен қатар, информатикадан әр сыныптың базалық білім мазмұнында оқушылардың жобалық іс-әрекетіне арнайы сағаттар бөлінген. Онда жеке тұлғалық нәтижелер соңында оқушылар алған білім мен біліктіліктерді күнделік өмірде және тәжірибеде қолдануы тиіс деп көрсетіледі [2].

Бүгінгі таңда білім беру оқушының өз бетімен білім алуына жағдай жасау, олардың әлеуметтік ортада өмір сүру, өз бетімен шешім қабылдау, қойылған проблеманы шешу қабілеттіліктерін сондай-ақ оқушылардың ақпараттық, қарым – қатынастық (коммуникативтік) құзіреттілігін, жауапкершілігі мен белсенділігін, қалыптастыруға бағытталған.

Осы айтылған мәселелердің барлығы оқушылардың жобалау әрекеті негізінде қалыптасатын нәтижелер, сондықтан да, жобалау әрекеті мектептің барлық сатыларындағы оқыту барысын түгел қамтитын әрекет деп айтуға әбден болады.

Жобалау әрекеті оқушы дамуының психологиялық және әлеуметтік міндеттеріне сай келеді. Ал, білім беру міндеттеріне келетін болсақ, жобалау әрекеті білім беру нәтижелеріне қол жеткізу құралы ретінде қарастыру қажет.

Жобалау әрекетінің білімдік тұрғыдағы әдістемелерден айырмашылығы оқушылар алған білімдерін тәжірибеде пайдаланады, яғни білім алу, жатқа білу – мақсат емес, теориялық білім жобалау әрекетін жүргізудің құрамына айналады.

Сол себепті, жобалау әрекетін ұйымдастыру үшін білім мазмұны практикалық жұмысты ұйымдастыру құралы ретінде қарастырылуы тиіс. Бұл өз кезегінде сыныптың – сабақтың оқыту жүйесіне де, оқулықтар мен бағдарламаға да, оқушылар мен мұғалімдердің өзара қарым – қатынасы да, бағалау мен бақылауға да, басқару жүйесіне де өзгерістер енгізуді қажет етеді.

Жалпы информатика пәні мектеп бағдарламасына енгізілгенінен бастап 30 жыл уақыт бойы «ерекше пән» дәрежесін иеленіп келеді. Ғылыми техникалық прогресстің даму қарқынына сәйкес информатика курсының мазмұны үнемі өзгеріп және динамикалық түрде дамып отырады, олай болса, информатиканы оқыту үрдісін жетілдіріп отыру қажеттілігі туындайды. Пән ауқымының кеңейіп дамуына қарай оқушылардың да қызығушылығы арта түседі. XXI ғасыр – ақпарат ғасыры болғандықтан, информатика әр қоғам азаматының, жеке тұлғасын қалыптастырып, ақпараттық қоғамда өмір сүруіне, сонымен қатар, оның ақпарат ағымында дұрыс бағдар жасап, тиімді шешім табуына қажет ақпараттық технологияларды таңдап алу және оларды қолдану қабілеттілігін қалыптастыруда информатика пәнінің орыны ерекше деп айтуға болады.

Информатиканы оқыту барысында оқушылар сабақта алған білімдеріне өзіндік білімдерін ұштастырып, мектеп бағдарламасынан тыс сұрақтарды қозғайды. Сондықтан информатика пәні мұғалімі оқушының қызығушылығын үздіксіз білім арнасына жобалық және зерттеу іс-әрекеттерін ұйымдастыру арқылы еліктіруі қажет.

Оқушылардың сабақта жобалау және зерттеу іс-әрекеттерін ұйымдастыру үшін алдымен мұғалімнің өзінде сол әдіске деген қызығушылығы мен оны жүргізе алу қабілеті болуы тиіс. Соның негізінде оқушының алған білімін өз бетінше жинақтап, ақпараттық кеңістікте бағыт-бағдар жасай ала білу және танымдық дағдыларын дамыту қажет. Яғни көзімен көріп, ой елегінен өткізіп, шынайы тәжірибелік іс-әрекетте қолдана білу мүмкіндіктерін ұштастыру.

Жалпы оқушылардың жобалық іс-әрекетін ұйымдастырудың екі бағытын ажыратуға болады.

Біріншісі, мектептерде негізге алынып жүрген оқыту бағдарламаларының ішінен оқушылардың зерттеушілік іс-әрекеттерін еркін ұйымдастыруға мүмкіндік беретін тақырыптарды таңдау. Яғни, жобалар пәндік проблемаларды шешумен қатар, оқушылардың сабақтағы меңгерген біліміне қоса өзіндік қажетті коммуникативтік, ақпараттық, т.б. қабілеттерін қалыптастыруға негіз болады.

Екіншісі, жобалаудың тұтас құрылымын орындауды мақсат етіп қоймастан, жобалауға тән – қалыптасқан жағдайды талдау, шағын тапсырмалар беру арқылы жаңа ақпаратты өз бетімен меңгеруге қызығушылық туғызу. Яғни, бұл жерде тұтас жоба жасау маңыздылығынан гөрі, оқушының зерттеушілік іс-әрекетін ұйымдастыруға еркіндік беру. Оқушы берілген тапсырманы орындау барысында сабақта алған теориялық білімін тапсырманы орындау құралына айналғанда ғана оның тұлғалық дамуы жүзеге асырылады. Жоба шағын болуы мүмкін, бірақ ол дәстүрлі түсініктегі «жаттығу орындау», «ереже жаттау» бомайды. Жобаның өнімі қолмен ұстайтын немесе көрінетін де болмауы мүмкін, бірақ ол дәстүрлі сабақтан ерекше шығармашылық, еркіндік тұрғыдағы тапсырмалар болуы тиіс.

Қазіргі кезде жобалау әдісі Г.К. Селевко, И.П. Подласый, Е.С. Полат, М.В. Кларин, М.Р. Ковжасарова, П.В. Степанов, А.К. Кусаинова, Г.Ш. Альназарова сияқты көптеген ғалымдардың жұмыстарында қарастырылған. Жобалау – латын сөзінен аударғанда, «алға жылжу» деген мағынаны білдіреді, яғни белгілі бір практикалық міндеттің шешімі деп қарастыруға болады [3].

А. В.Леонтовичтің берген анықтамасы бойынша, оқушылардың зерттеу іс-әрекеттері – алдын-ала шешімі жоқ шығармашылық және зерттеу міндеттерін шешумен байланысқан іс-әрекет. Кез-келген зерттеу жұмысының құрылымы барлық салада бірдей болады: мәселенің қойылымы, теориямен танысу, зерттеу әдістемелерін жинақтау және оларды тәжірибеде қолдану, өзіндік материалдарды жинақтап, талдау және қорытындылау, соңғы нәтижені шығару [4].

Оқушылардың жобалау және зерттеу іс-әрекеттерін ұйымдастыру үшін алдымен, оқушы психологиялық тұрғыда өзін-өзі тануы тиіс. *Өзін-өзі тану – педагогикалық үдеріс мақсаттарының бірі, ол жеке тұлғаның өзіндік позитивті мүмкіндіктерін жүзеге асыруда, дарыны мен қабілетін ашуда көмектеседі* [5]. *Сондықтан, жобалау және* *зерттеу іс-әрекеттерінің информатика саласындағы мақсаты – оқушының өзін қызықтыратын білім аумағында өзін-өзі таныту арқылы шығармашылық мүмкіндіктерін дамыту. Бұл мақсатқа жету үшін, келесідей педагогикалық міндеттерді шешу қажет:*

- оқушылардың ғылыми тұрғыдан ойлау қабілеттерін жетілдіру және ғылыми зерттеу жұмыстарын жүргізудің әдістемесін меңгерту;
- жобамен жұмыс барысында оқушылардың интеллектуалды шығармашылық қабілеттерін арттыру;
- жұмыс кезінде жобаның теориялық және тәжірибелік бөлімдерімен өз бетінше жұмыс жасай алу қабілеттерін дамыту;
- бұрын алған теориялық және тәжірибелік білім, білік, дағдыларын тереңдету;
- көпшілік алдында өзін-өзі еркін ұстауға, шектеулі уақыт ішінде, жасаған жобаның мағынасын нақты жеткізе білуді үйрету;
- пәнаралық байланысты дамыту [6].

Жобаның тақырыбын таңдау әртүрлі болады, кей кезде тақырып оқу бағдарламасынан тыс оқушының өзіндік қызығушылығына бағытталады. Ал оқу барысында сабақтың тақырыбына байланысты мұғалім мен оқушылардың бірлесе отырып таңдаған тақырыптары бойынша жоба жұмысы дайындалады. Мысалы, 8 сыныптарға «Компьютердің логикалық негіздері» тақырыбын оқыту кезінде көптеген оқушылар логикалық функциялар мен логикалық кестелердің жұмыс істеу принциптері не үшін оқытылатынын түсінбейді. Осыған байланысты олардың қызығушылықтары жоғалады, сөйтіп теориялық білімнің тәжірибемен ұштаспау мәселесі туындайды. Осындай мәселелерді шешу үшін, оқушыларға келесі тақырыптар бойынша жеке жоба жұмыстарын беруге болады: “Мамандықты қалай таңдау керек? ” – тест құрастыру; информатика пәні бойынша тест құрастыру, т.б. Бұл жұмыстарды оқушылар Microsoft Excel кестелік редакторында ЕСЛИ() логикалық функциясын қолдану арқылы дайындайды. Тестті құру, оны қорғау, жауап жазылған ұяшықтарды макростардың көмегімен тазалау сияқты функцияларды орындау арқылы оқушылардың қызығушылығы арта түседі.

Информатика сабағында жобалау әдісін қолдану арқылы оқушы мен мұғалім арасында тең дәрежелі серіктестік орнайды әрі берілген тапсырманы жүйелі түрде шешу дағдысы қалыптасады. Бұл әдіс әрқашан оқушының өз бетінше іс-әрекет жасауына бағытталған, яғни қандай да бір шекті уақыт ішінде жеке өзі, жұппен немесе топтық жұмыс жасап, нәтижеге қол жеткізеді [6].

Н.Ю. Пахомов, Н. Мансуров, Т. Герасимов, В. Рохлов ұсынған жобамен жұмыс жасау әдістемесін қарастырайық:

I. Жоспарлау кезеңі. Жобалау жұмысы тақырыпты талқылаудан басталады. Яғни, жобалау үдерісіне қатысушалар арасында пікірлер алмасу жүреді, алғашқы болжамдар қарастырылады. Пікірлер ағымын бір жүйеге келтіру үшін миға шабуыл әдісін қолданған дұрыс. Мұғалім тақырып таңдау барысында оқушыларға маңызды мәселені алға қояды, әр пікірге талдау жасалып, жобаның тақырыбы анықталады.

II. Аналитикалық кезең. Бұл кезеңде оқушылар өз бетінше жұмыс жасайды, тақырыпқа байланысты ақпарт жинақтайды, бір-бірімен ақпаратпен алмасады, топтың әр мүшесі жинақтаған материалдары нақтыланады. Ақпаратты жинақтау әдісі мұғалімнің көмегімен таңдалады: сауалнама алу, бақылау, әлеуметтік сауалнамалар, әдебиеттермен жұмыс, тәжірибелер жүргізу. Мұғалім тек бақылаушы ролін атқарып, қажет тұстарында кеңес бірп отырады. Бұл кезеңде оқушыларда ақпараттарды бір-бірімен салыстыру, жіктеу, талдау, қорытып шығару, жаңа ой қосу және топта жұмыс жасау біліктіліктері қалыптасады. Осы кезеңде әр оқушының жеке немесе әр топтың ортақ журнал болғаны дұрыс, онда жоба бойынша кім қандай жұмыс жасағаны туралы мәлімет жазылады, бұл кейін мұғалім оқушыны бағалау кезінде тиімді болып келеді.

III кезең. Ақпараттарды қорытындылау. Оқушылар барлық кезең бойында өздігінен жұмыс жасайды. Бұл кезеңде алынған ақпараттарды қорытындылау және жобамен жұмыс кезінде алған білім, білік, дағдыларын интеграциялау жүреді. Қорытынды жасау баяндама, реферат, видеофильм, қойылым, газет, презентация түрінде болады. Мұғалім бұл кезеңде оқушылардың дұрыс қорытынды шығаруын қадағалау қажет.

IV кезең. Жобаның нәтижесін ұсыну. Бұл кезеңде жоба қорытындыланады, соңғы нәтиже ортаға ұсынылады, оқушылардың қандай нәтижеге қол жеткізгендігі талданады [7].

Сонымен, информатика сабағында жобалау әдісін қолдану топтық және жеке оқытуға бағытталады. Сонымен қатар, бұл әдіс арқылы барлық тәрбиелік-дидактикалық мүмкіндіктерді қолдануға жағдай туады. Ол біріншіден, белсенді және терең білім беру әдісін, екіншіден, өз еркінше ойлап, іс-әрекет жасауды үйрету әдісін, үшіншіден, оқушыларды топпен жұмыс істеу арқылы өзара қарым-қатынасқа түсіп, әлеуметтену деңгейін арттыру әдісін қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Тіпті, сәтсіз шыққан жобаның өзі үлкен педагогикалық нәтиже береді. Дайын болған жобаны талдау кезінде оқушы сәтсіздіктің себебін анықтайды, жасалған жобаның алгоритмін талдай отырып, арасында жіберілген қателіктерді табады. Мұның барлығы оның пәнге деген, жаңа білімге деген қызығушылығын арттыра түсетіні анық. Сондай-ақ, көпшілік алдында өзін-өзі шынайы бағалай алу дағдысы да қалыптасады.

Жобалау іс-әрекетін бағалау параметрлері:
- алға қойылған мәселенің мәні мен өзектілігі;
- жұмыстң шынайылығы, тәжірибелік бағыты және жұмыстың мәні;
- зерттеу әдістерін дұрыс таңдау және алынған нәтижені дұрыс өңдеу;
- жұмысты терең зерттеу, басқа салалардағы білімді пайдалану;
- жұмыс мазмұнының мақсатқа, міндеттерге және жобаның тақырыбына сәйкес келуі;
- қорытындылардың, нәтижелердің нақтылығы;
- жұмыстың стилистикалық және тілдік мәдениеті;
- библиографияның жеткіліктігі;
- әр жеке қатысушының білім деңгейіне қарай белсенділігі;
- нәтижені дұрыс, нақты аргументтермен дәлелдей білу;
- жоба бойынша сырттан қойылған сұрақтарға нақты жауап бере алуы;
- дайын болған жобаның эстетикалқ безендірілуі, сызба, кесте, суреттердің сапасы;
- жоба нәтижесінің қойылған талаптарға сай безендірілуі.

Жобаны қорғаудың бағалау критерийлері:
- баяндаманың сапасы, көлемі, нәтиженің маңыздылығы;
- сөйлеу мәдениеті;
- берілген уақытты тиімді пайдаануы;
- көрнекі құралдарды пайдалану;
- аудиторияның назарын өзіне аударту қабілеті;
- дискуссияға дайын тұруы;
- аудиториямен мәдениетті байланыс [7].

Жобалау әдісі информатика сабағында маңызды орын алатындығы пәнді оқыту ерекшеліктерінде көрсетілген. Осы әдіс көмегімен оқушылар қандай да бір қосымша компьютерлік бағдарламамен жұмыс істеу арқылы алған теориялық және тәжірибелік білімдерін бекіте алады және оқу-танымдық және ақпараттық құзіреттіліктері қалыптасады.

Егер оқушы сабақта алған білімін өздігінен жұмыс істеу арқылы оны қайталамаса, жазбаса, айтпаса ол алған білімінің 80% сол күні жоғалтатыны ғылымда дәлелденген. Ал қалған 20% пайызының сақталу ұзақтығы оның білімге деген қызығушылық деңгейінің белсенділігіне байланысты болады. Сондықтан сабақта оқушылардың жобалау іс-әрекеттерін ұйымдастыру арқылы олардың оқу материалдарын толық меңгеру, өз бетінше жұмыс жасау қабілеттерін қалыптастыру және бастамашылдық қасиеттерін ашу мүмкіндіктеріне қол жеткізуге болады.

Егер әрбір мектептің түлегі осы дағды мен біліктерді мектеп қабырғасынан алып шықса, ол өмірде тез бейімделіп, түрлі жағдайларда одан шығудың жолын тауып, әртүрлі ортада еркін жұмыс істей алатын болады.

1. Қазақстан Республикасында Білім беруді дамытудың 2011 – 2020 жылдарға арналған Мемлекеттік Бағдарламасы-Астана, 2010
2. Жалпы білім беретін мектептің 5-11 сыныптарына арналған «Математика және информатика» білім саласы пәндерінің оқу бағдарламалары – Астана, 2013. –76 б.
3. Дереклеева Н. И. Мастер-класс по развитию творческих способностей учащихся. М.: 5 за знания, 2008. 224 с.
4. Леонтович А. В. Исследовательская деятельность учащихся: Сб. ст. М., 2003.
5. www.psychologos.ru
6. Полат Е.С. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования /Под ред.– М., 2009
7. Селевко Г. К. Современные образовательные технологии. – М.:Народное образование, 1998. – 102 с.

Аннотация. *В статье рассматриваются направления организации проектной деятельности учащихся при обучении информатике. Определяются педагогические возможности формирования у учащихся проектных и исследовательских умений деятельности. Анализируется методы работы учащихся с проектом и обозначены параметры оценивания их проектной деятельности. Рассматриваются критерии оценки защиты проекта.*

Ключевые слова: *проект, метод проектов, исследовательская деятельность, критерии оценки, параметры оценки.*

Abstract. *This article discusses the directions of the organization of design activity of pupils at training to computer science. Determined pedagogical possibilities of formation of students' design and research activities. The methods of work of the students with the project and marked the parameters of evaluation of their project activities. Consider evaluation criteria to protect the project.*

Keywords: *project, project method, research, evaluation criteria, evaluation parameters.*

УДК 004.4′2

С.М. Сарсимбаева, Б.Б. Камаш*

АНАЛИЗ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ В ПРОГРАММИРОВАНИИ ИГРОВЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ANDROID

(г.Актобе, Актюбинский региональный государственный университет имени К.Жубанова,
* - магистрант)

Аннотация. *Статья посвящена анализу и использованию инструментальных средств для разработки игровых мобильных приложений на базе операционной системы Android. Названы основные компоненты игровых движков. Дан сравнительный анализ компонентов различных игровых движков. Обоснован выбор движка Unity 3D для разработки мобильного игрового приложения. Выделены основные этапы разработки мобильных игровых приложений.*

Ключевые слова: *программное обеспечение, мобильное приложение, программирование, Android, инструментальная среда разработки.*

Стремительное увеличение мощностей современных смартфонов и рост рынка мобильных устройств заставили разработчиков прикладных программ обратить внимание на новые мобильные платформы – Android, iOS, Blackberry. Наличие таких сервисов дистрибуции, как PlayMarket и AppStore положительно сказалось на темпах роста рынка мобильных приложений. Упрощенная процедура регистрации разработчиков и размещения приложений в сервисах дистрибуции позволило независимым разработчикам создавать мобильные приложения и получать прибыль. Существенный рост демонстрирует такой сегмент рынка мобильных приложений, как мобильные игры. В настоящее время смартфоны уверенно конкурируют с игровыми приставками и персональными компьютерами за звание самой популярной мобильной платформы. Эти факторы заставили компании, занимающиеся разработкой игровых движков, добавить в свои программные продукты поддержку большинства мобильных платформ. Обилием средств профессиональной разработки мобильных приложений и высоким спросом на мобильные игры обусловлена актуальность данной работы. Работа посвящена анализу и использованию инструментов в разработке мобильных игр виртуальной реальности – новому направлению в видеоиграх.

Игровой движок – универсальное средство создания видеоигр, объединяющее в себя несколько основных компонентов: графический движок, физический движок, редактор текста скриптов и компилятор, редактор уровней. Эти компоненты являются базовыми для каждого игрового движка. Игровые движки обеспечивают основную технологическую функциональность проекта и как правило являются платформо-независимыми. Обычно, игровые движки имеют модульную архитектуру и позволяют разработчикам самим подобрать комплектацию движка, например, заменить встроенный физический движок более специализированным. Несмотря на своё название игровые движки могут применять не только в игровой индустрии.

Графический движок – это программное обеспечение, отвечающее за отрисовку графики в играх. Является важным компонентов любого игрового движка. Некоторые игровые движки представляют собой только графический движок не предоставляя всех остальных возможностей. Важнейшие отличие игровых графических движков от неигровых, например, используемых в средах трехмерного моделирования, заключается в том, что игровой графический движок отрисовывает игровую графику в режиме реального времени. Возможностей одного лишь графического движка не достаточно для создания полноценной современной видеоигры, поэтому игровой движок помимо графического движка должен включать и другие компоненты.

Физический движок – это программный продукт, который на основе математических вычислений производит моделирование физических процессов с той или иной степенью точности. Физические движки используются в двух основных направлениях: научном и игровом. В первом случае налагаются серьёзные требования к точности моделирования, но при этом скорость вычислений не существенна. В случае игровых физических движков важна именно скорость вычислений, а именно предъявляется требование к обсчету физики в режиме реального времени. Естественно, что для получения приемлемой производительности разработчики жертвуют точностью моделирования. На сегодняшний день возможности игровых физических движков ограничены динамикой твердого тела, динамикой эластичных тел и частично динамикой жидкостей. Игровой физический движок оперирует такими абстракциями как тело, которое определяется формой и набором параметров, связь – ограничения объектов игровой физики. В случаях, когда существующих алгоритмов физического взаимодействия объектов недостаточно, физический движок предоставляет возможность разработки собственного алгоритма взаимодействия.

Звуковой движок – программный компонент игрового движка, ответственный за воспроизведение звука в видеоигре, имитацию различных акустических явлений. Самые известные звуковые движки – это Environmental Audio Extensions, OpenAL, DecrictSound3D.

В работе реализована игра виртуальной реальности, в ходе выполнения которой был проведен подробный анализ существующих игровых движков и выбран наиболее подходящий [1,2].

App Game Kit – разработка компании «The Game Creators». Движок представляет собой специальную среду разработки, спроектированную таким образом, чтобы на ней можно было создавать игры для различных целевых платформ. Список поддерживаемых платформ включает в себя iOS, MacOS, Windows, SamsungBada, MeeGo. Это среда пользуется популярностью у разработчиков-энтузиастов, которые занимаются созданием игр как хобби. В AGK включено 2 интерпретатора: Basic и C++. Программисты пишут скрипты на одном из языков, а затем собирают проект в удобной IDE. Движок позволяет размещать проект на специальных сервисах дистрибуции целевых платформ. Удобный и простой игровой движок позволяет без лишних усилий собрать проект под различные платформы и сэкономить время разработчиков. Сами создатели продукта так описывают свой продукт: «AGK – это тот самый инструмент, в котором мы нуждались для экономии времени, сил и денег на разработку своих новых коммерческих игровых проектов. Мы уверены, что другие разработчики оценят данную среду разработки, её легкость в освоении и простоту в использовании для реализации своего хобби или коммерческой деятельности». Политика лицензирования отличается гибкостью, что позволяет пользоваться этим движком как небольшим компаниям, так и крупным гигантам игровой индустрии.

ProjectAnarchy – игровой движок компании Havok. Основные компоненты этого движка – физический движок HavokPhysics, графический движок HavokVision, модуль игрового искусственного интеллекта HavokAI, редактор сцен WYSIWYG. Разработчикам доступны такие языки программирования как Lua и C++. Движок поддерживает разработку под такие платформы как Android, Tizen и Windows. Система лицензирования заключается в том, что бесплатная версия программы доступна всем, но с условием проведения совместной рекламной кампании, а платная версия открывает для разработчиков дополнительные возможности, не связанные с функциональными возможностями. Сама компания-разработчик является лидером в области виртуальной физики и искусственного интеллекта, а потому эти компоненты движка вызывают наибольшее доверие.

CryEngine 3 – игровой движок компании Crytek, преемник CryEngine 2. Этот движок является одним из самых популярных в среде разработчиков видеоигр, одной из причин этой популярности является наглядная демонстрация возможностей движка на примере игры Crysis 2, которая на момент своего релиза являлась самой совершенной в графическом плане игрой. Стоит отметить используемую в CryEngine 3 систему создания шейдеров Ubershader, который позволяет создавать сложные комбинированные эффекты. Графические возможности CryEngine 3 позволяют реализовывать такие эффекты как отражения и преломления света, эффекты объемного жара и поверхности с солнечными бликами. Максимально возможное разрешение экрана составляет 7680 x 3200 пикселей. Технология, реализующая это эксклюзивна для видеокарт Radeon 5000 – серии. Компания Crytek представляет несколько вариантов лицензирования своего движка.

UnrealEngine 4 – разработка студии EpicGames является одним из самых совершенных на сегодняшний день игровых движков. Техническая демонстрация движка состоялась в июне 2012 года. Главным существенным отличием этого движка от основных конкурентов является открытость исходных кодов, их можно свободно найти в github-репозитории. В качестве языка программирования используется C++. В движке реализована синхронизация с VisualStudio. Присутствует система горячей перезагрузки, которая позволяет вносить изменения в код в момент работы приложения и оценить изменения сразу без необходимости останавливать игру. Движок предоставляет широкие возможности для работы с графикой: реализован визуальный редактор шейдеров, который позволяет создавать сложные шейдеры без необходимости писать их вручную. Имеется средства система управления анимациями Matinee. Движок поддерживает продвинутые возможности визуализации DirectX 11 и 12. Редактор частиц CascadeVFX предоставляет средства создания детализированных эффектов огня, дыма, снега, пыли и т.д. Позволяет рассчитывать высокопроизводительную симуляцию частиц и систему столкновений, а так же освещение от каждой из миллиона частиц. Есть широкие возможности создания впечатляющих виртуальных миров, благодаря высокой частоте обновления кадров в стереоформате. Лицензионная политика EpicGames позволяет использовать все возможности движка UnrealEndine 4 бесплатно, при определенных условиях прибыли.

Unity 3D[1] – это инструмент разработки 2D и 3D игр, работающий под ОС Windows и OSX. Этот кроссплатформенный движок позволяет разрабатывать игры под все возможные платформы, включая поддержку браузерных игр. Это достоинство движка с другой стороны является его недостатком, так как кроссплатформенность несет в себе увеличение нагрузки на вычислительную систему. В качестве физического движка используется PhysX от NVIDIA. В числе встроенных возможностей движка имеется удобный ландшафтный редактор, который позволяет создавать сложные поверхности. В Unity3D реализована поддержка трех сценарных языков – C#, JavaScript, Boo. Проект движка состоит из одного или нескольких сцен, хранящих свои игровые миры. Базовой единицей сцены является объект.

В ходе выполнения работы был проведен обзор и анализ множества движков и пакетов 3Dграфики. Самым оптимальным вариантом был выбор игрового движка Unity3D и пакета 3D графики 3DMax. Выбор был сделан с учетом всех достоинств и недостатков рассмотренных вариантов и специфики разрабатываемого игрового приложения.

Подробно изучен и рассмотрен процесс создания полноценного игрового приложения, с использованием выбранного движка Unity3D на примере игры виртуальной реальности, выполненной в жанре FirstPersonShooter. Были подробно описаны такие аспекты создания игрового приложения, как реализация игровой графики, программирование основных и второстепенных элементов игрового процесса, планирование и заполнение игровых уровней. Итогом работы стала мобильная игра виртуальной реальности. Персонаж игры виртуальной реальности в окне движка Unity3D показан на рисунке 1.

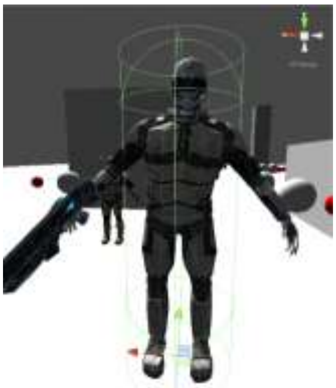


Рисунок 1. Персонаж игры виртуальной реальности

Обзор и анализ существующих средств разработки игровых приложений, проведенный в данной работе, позволит начинающим разработчикам получить представления о том, какой инструментальный набор необходим для разработки игр, а также ознакомиться с преимуществами и недостатками самых популярных инструментальных средств. А использование выбранных средств в процессе создания игры позволит получить представление о процессе разработки игры[3].

1. Gibson J. Introduction to Game Design, Prototyping, and Development: From Concept to Playable game with Unity and C#. – Addison-Wesley Professional, 2014. – 944 c.
2. Gregory J. Game Engine Architecture. – A K Peters, 2014. – 1052 c.
3. С. Хашими, С. Коматинени, Д. Маклин Разработка приложений для Android. – СПб: Питер, 2013. – 736 с.

Аңдатпа. *Мақала Android операциялық жүйесі негізінде мобильді ойын қосымшаларын құру үшін құрал-жабдықтарды қолдану және талдау мәселелеріне арналған. Мұнда ойын құруға арналған арнайы құрал-жабдықтардың негізгі компоненттері аталған. Ойын құруға арналған әртүрлі арнайы құрал-жабдықтардың компоненттеріне салыстырмалы талдау жасалған. Мобильді ойын қосымшасын құру үшін Unity 3D құрал-жабдығының таңдалуы негізделген. Мобильді ойын қосымшаларын құрудың негізгі кезеңдері ерекшеленген.*

Түйін сөздер: *бағдарламалық қамтамасыз ету, мобильді қосымша, бағдарламалау, Android, инструментальді орта.*

Abstract. *The article is devoted to problems of usage and analysis of game development tools for Android mobile game development. Main structural components of the game engines are listed. The comparative analysis of the most popular game engines is made. The reasons of the choice of Unity3D game engine for mobile game development are explained. The main stages of the mobile game development are allocated.*

Keywords: *software, smartphone application, programming, Android, IDE.*

УДК 378

М.А. Скиба, А.Р. Турганбаева

НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

(г. Алматы, Новый экономический университет им. Т. Рыскулова,
Казахский национальный университет им. аль-Фараби)

Аннотация. *В статье описывается нечеткая модель оценки качества результатов образовательного процесса при кредитной технологии обучения. Содержание термина качества результатов образования детализировано посредством связанных с ним понятий. Процесс формирования личностных образовательных результатов рассматривается не только как предмет построения, но и как инновация. Обоснована возможность применения нечетких множеств для анализа личностных результатов обучения. Представлены способы перевода различных форматов оценки результатов обучения в единую шкалу.*

Ключевые слова: *нечеткая модель, образовательный процесс, кредитная технология обучения, модель выпускника, профессиональная компетентность*

Изменение образовательной парадигмы, глобализация образовательных систем, автономия вузов, повышение доступности образования, коммерциализация образовательных услуг и снижение рентабельности личных инвестиций потребителей в сферу образования стали основными тенденциями в сфере образования. Указанные тенденции влияют на университеты и меняют правила игры на образовательных рынках.

Основные тенденции в сфере обеспечения качества образования сводятся к следующим действиям на международном и национальном уровнях:

– активизация создания международных сетей в сфере оценки качества;

– гармонизация уровней и соответствующих им результатов обучения;

– расширение доступа к образовательным программам и ресурсам посредством информационных технологий и образовательных платформ;

– развитию наднациональных и национальных систем аккредитации образовательных программ и организаций образования;

– разработке в рамках Болонского процесса единых критериев и стандартов гарантии качества образования и имплементация европейских подходов и принципов;

– развитию академической свободы вузов;

– разработке и внедрению внутренней культуры качества вуза на базе различных моделей системы качества (на основе оценочного метода управления качеством деятельности вуза; ESG, международных стандартах серии ISO 9001:2008, всеобщем менеджменте качества, универсальной системы показателей, модели Европейского фонда по менеджменту качества (EFQM) и других национальных моделей);

– расширению доступа к знаниям посредством использования информационных технологий.

Качество результатов образования (профессиональной компетентности, образованности обучающихся и др.) можно раскрыть через такие понятия, как:

- полнота модели выпускника;
- адекватность результатов обучения требованиям общества и профессиональной среды;
- нацеленность образовательных программ на достижение результатов обучения;
- наличие четких измеряемых критериев достижения результатов обучения.

Определение качества образования становится актуальной практической проблемой. К сожалению, обычно фиксируются количественные показатели, такие как результаты освоения обучающимися школьных и вузовских программ, что отражает только обученность личности.

Процесс формирования личностных образовательных результатов необходимо рассматривать не только как предмет построения (создаваемый извне и пассивно реагирующий на внешние воздействия), но и как инновацию (живой процесс возникновения нового, протекающий по своим собственным законам). Процесс интериоризации знаний и представлений служит основой для формирования структурных личностных характеристик, таких как обученность, образованность, компетенция, профессиональная компетентность, готовность и т.д. Определение уровня сформированности личностного образовательного результата чаще осуществляется экспертным путем.

Личностные образовательные результаты являются сложным структурным объектом, обладающим синергетическим эффектом. Следовательно, их можно представить как нечеткую структурированную по аспектам совокупность показателей, каждому из которых присвоен коэффициент значимости [1-4].

Для интеграции в единый критерий сформированности личностных результатов обучения, выраженных в разных оценочных шкалах, удобно привлечь теорию нечетких множеств, которая позволяет перевести все значения показателей в единую шкалу.

Теория нечетких множеств предоставляет возможность формализовать нечисловые вербальные оценки для анализа информации и принятия решений в условиях неопределенности. Основные положения теории нечетких множеств были сформулированы Л. Заде [5], который ввел понятия функции принадлежности μ для традиционного четкого множества, принимающего значения 0 (не принадлежит множеству) или 1 (принадлежит множеству), а для нечеткого множества – любые значения из интервала [0; 1], что означает частичную принадлежность к множеству.

Он сформулировал понятия лингвистической переменной, значения которой описываются вербально, и каждому из которых соответствует определенное значение функции μ. В данном случае под μ понимаем степень сформированности личностного результата по сравнению с планируемым результатом обучения, соответствующим данному уровню обучения и образовательной программе. Например, лингвистическая переменная, описывающая уровень сформированности компетентности может принимать значения «не сформирована», «слабо», «недостаточно», «достаточно», «на творческом уровне».

Даже при отсутствии точных данных о значениях каких-либо критериев человек в состоянии описать их словами – «у студента управленческая компетенция сформирована на достаточном уровне», «мнение о качестве преподавания информатики скорее положительное, чем отрицательное». Такой оценки вполне достаточно для определения функций принадлежности лингвистических переменных и их компьютерной обработки наряду с другими, более детерминированными показателями.

Над лингвистическими переменными можно производить математические операции, такие как пересечение, объединение, инверсия, сложение, умножение, композиция, путем определенных действий над их функциями принадлежности. Все эти операции можно применить к личностным результатам обучения и найти совокупные значения, показать динамику их формирования в зависимости от уровня обучения. Так профессиональную компетентность можно представить как объединение компетенций и личностных качеств. С помощью инверсии можно определить объем перспективно планируемых результатов обучения. Пересечение позволяет определить как возможность признания предшествующих результатов обучения, так возможность реализации двудипломных программ «Мажор-минор» [6].

Образовательный процесс как объект управления может быть охарактеризован по ряду свойств, параметров и критериев, совокупности которых в данный момент времени отражает его текущее состояние [7]. Учитывая, что текущее состояние изменяется в динамике, мы можем производить ретроспективное сравнение состояний объекта управления и осуществлять перспективное прогнозирование. Так как для оценки сформированности профессиональной компетентности использовались различные виды анкетирования, результаты ее оценки экспертами, то стояла задача свести полученные разнотипные результаты в единые измерения показателей сформированности компетентности. Рассмотрим различные способы перевода измерителей показателей в единые нечеткие параметры.

Первый способ предназначен для перевода в нечеткие параметры результатов оценки, выраженных в баллах, полученных в ходе анкетирования или опроса. Традиционно оценка в баллах используется для количественных и качественных критериев, если пользователь затрудняется оценить их в численных единицах измерения, но может уверенно указать значения в баллах (в таблице 1 приведены нечеткие значения μ для шкалы в целых баллах от -5 до +5).

Таблица 1 - Преобразования оценок в баллах в нечеткие множества

Оценка в баллах	Значения x										
	0	**0,1**	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,5**	**0,6**	**0,7**	**0,8**	**0,9**	**1**
	Значения μ										
-5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
-2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
+1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
+2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
+3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
+4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
+5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Вторым способом оценки сформированности профессиональной компетентности является бинарная оценка, используемая для критериев, которые могут принимать лишь полярные значения: да/нет, наличие/отсутствие, удовлетворительно/ неудовлетворительно и т.д. Бинарные оценки представляются в виде нечетких множеств, определенных на шкале X, значения функции принадлежности которых приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Преобразования бинарных оценок нечетких множеств

Бинарная оценка	Значения х										
	0	**0,1**	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,5**	**0,6**	**0,7**	**0,8**	**0,9**	**1**
	Значения μ										
Удовлетворительно	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Неудовлетворительно	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Третий способ оценки сформированности профессиональной компетентности, который чаще всего используется специально обученными экспертами, это уверенная вербальная оценка, может использоваться для любых количественных и качественных критериев. В данном случае пользователь или эксперт может уверенно выбрать для оценки сформированности показателей описание из шкалы от «чрезвычайно плохо» до «чрезвычайно хорошо». Уверенные вербальные оценки представляются в виде нечетких множеств, определенных на шкале X, значения функции принадлежности которых приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Преобразования уверенных вербальных оценок в нечеткие множества

Уверенная вербальная оценка	Значения х										
	0	**0,1**	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,5**	**0,6**	**0,7**	**0,8**	**0,9**	**1**
	Значения μ										
Чрезвычайно плохо	1	0,6	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
Очень плохо	0,6	1	0,6	0,2	0	0	0	0	0	0	0
Плохо	0,2	0,6	1	0,6	0,2	0	0	0	0	0	0
Умеренно плохо	0	0,2	0,6	1	0,6	0.2	0	0	0	0	0
Слегка плохо	0	0	0,2	0,6	1	0,6	0,2	0	0	0	0
Средне	0	0	0	0,2	0,6	1	0,6	0,2	0	0	0
Слегка хорошо	0	0	0	0	0,2	0,6	1	0,6	0,2	0	0
Умеренно хорошо	0	0	0	0	0	0,2	0,6	1	0,6	0,2	0
Хорошо	0	0	0	0	0	0	0,2	0,6	1	0,6	0,2
Очень хорошо	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,6	1	0,6
Чрезвычайно хорошо	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,6	1

Для некоторых критериев возможно использование иных вербальных формулировок, лучше отражающих их физическую сущность, но с сохранением соответствия приведенной в таблице 3 градации. Например, для показателя «управление образовательным процессом», относящегося к управленческому аспекту профессиональной компетентности, можно сформулировать описания, такие как «полное неумение» (аналог «чрезвычайно плохо»), «адекватное» (аналог «хорошо»), «творческое» (аналог «чрезвычайно хорошо») и т.д.

В четвертом случае, если пользователь не располагает достаточной достоверной информацией для формулировки более четкой и уверенной оценки, для любых количественных и качественных критериев используется неуверенная вербальная оценка. Значение неуверенных вербальных оценок определяются по отношению к уровневым (пороговым) значениям показателей. В таблице 4 приведен пример преобразования неуверенных вербальных оценок в нечеткие множества при значении порогового показателя 0,5. Так все значения, ниже выбранного значения уровня, являются плохими, выше - хорошими.

Таблица 4 - Преобразование неуверенных вербальных оценок в нечеткие множества

Неуверенная вербальная оценки	Значения x										
	0	**0,1**	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,5**	**0,6**	**0,7**	**0,8**	**0,9**	**1**
	Значения μ										
В любом случаи плохо	1	1	1	1	1	0,6	0,2	0	0	0	0
Не очень плохо	0,4	0	0,4	0,8	1	1	1	1	1	1	1
Неплохо	0,8	0,4	0	0,4	0,8	1	1	1	1	1	1
Средне или плохо	0,2	0,6	1	1	1	1	0,6	0,2	0	0	0
Скорее плохо, чем хорошо	0,6	1	1	1	1	1	0,6	0,2	0	0	0
В любом случае хорошо	0	0	0	0	0,2	0,3	1	1	1	1	1
Не очень хорошо	1	1	1	1	1	1	1	0,8	0,4	0	0,4
Нехорошо	1	1	1	1	1	1	0,8	0,4	0	0,4	0,8
Средне или хорошо	0	0	0	0,2	0,6	1	1	1	1	0,6	0,2
Скорее хорошо, чем плохо	0	0	0	0,2	0,6	1	1	1	1	1	0,6
Около среднего	0	0	0,2	0,6	1	1	1	0,6	0,2	0	0
Неизвестно	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Так же, как и при использовании уверенных вербальных оценок, для некоторых критериев возможно использование иных вербальных формулировок с сохранением соответствия приведенной в таблице 5 градации.

В пятом случае рассмотрим перевод в нечеткие параметры результатов промежуточной аттестации, выраженной в процентах и буквенном эквиваленте, полученных обучающимися по итогам освоения дисциплины (в таблице 5 приведены нечеткие значения μ для шкалы в процентах и буквенном эквиваленте).

В шестом случае рассмотрим перевод в нечеткие параметры баллов GPA, выраженной в баллах от 0 до 4, полученных обучающимися по итогам освоения дисциплины (в таблице 6 приведены нечеткие значения μ для шкалы в баллах).

Таблица 5 - Преобразования оценок в процентах и буквенном эквиваленте в нечеткие множества

Оценка в процентах и буквенном эквиваленте	Значения x										
	0	**0,1**	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,5**	**0,6**	**0,7**	**0,8**	**0,9**	**1**
	Значения μ										
95-100 (A)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
90-94 (A-)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
85-89 (B+)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
80-84 (B)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
75-79 (B-)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
70-74 (C+)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
65-69 (C)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
60-64 (C-)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
55-59 (D+)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
50-54 (D)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0-49 (F)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 6 - Преобразования оценок в баллах в нечеткие множества

Оценка в баллах GPA	Значения x										
	0	**0,1**	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,5**	**0,6**	**0,7**	**0,8**	**0,9**	**1**
	Значения μ										
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
2,5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1,5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0,5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таким образом, используя приведенный выше подход, возможно, все значения показателей личностных результатов образовательного процесса перевести в единое нечеткое представление, которое даст единое целостное представление о качестве результатов образовательного процесса.

1. Турганбаева А.Р. Модель формирования профессиональной компетентности будущих учителей информатики с помощью е-портфолио // Вестник КазНПУ имени Абая. Физико-математическая серия № 2 (26), Алматы, 2009. - С.181-186.
2. Скиба М.А., Турганбаева А.Р. Критерии сформированности профессиональной компетентности в образовательном процессе вуза. Сборник научных трудов IV международной научно-практической конференции «Автомобильные дороги и транспортная техника: проблемы и перспективы», - Алматы, КазАДИ, 26-29 октября 2012 г. – С.237-242 .
3. Скиба М.А., Мальтекбасов М.Ж. Проблема применения теории нечетких множеств для оценки эффективности продвижения студента по образовательной траектории // Научный журнал Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова Вестник ПГУ №1 Педагогическая серия Павлодар, 2010г. – с 14-20

4. Скиба М.А., Гончарова К.Л. Критерий определения уровня сформированности самостоятельной познавательной деятельности студентов с помощью аппарата нечетких множеств// Зерттеуші-Исследователь, 12 (56) № 10, сентябрь-октябрь, 2010 г. – с.125 – 132.
5. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – Москва: Мир, 1976. – 165с.
6. Skiba M.A., Kosov V.N. The ways of education quality providing under conditions of ECTS implementation. The Networking Approach to ECTS in Kazakhstan. Manual on Teaching Methodology. Universita di Bologna sede di Forli, Societa Editrite "Il Ponte Vecchio"Cesena, 2007. – p. 173-178.
7. Бектемесов М.А., Скиба М.А. и др. Информационно-образовательное поле в системе непрерывного образования. Монография. Алматы: Дәуір. – 2006. –200 с.

Аңдатпа. Мақалада оқытудың кредиттік технологиясында білім беру үрдісі нәтижесінің сапасын бағалаудың айқын емес моделі сипатталады. Білім беру нәтижесінің сапасы терминінің мазмұны оның ұғымымен байланыс арқылы жалғасады. Тұлғалық білім беру нәтижесін қалыптастыру үрдісі құру тақырыбы ретінде ғана емесғ сонымен қатар, инновация ретінде де қарастырылады. Оқытудың жеке нәтижелерін талдау үшін айқын емес жиынды қолдану мүмкіндігі негізделген. Оқыту нәтижелерін әр түрлі формада бағалауды бірыңғай шкалаға аудару тәсілдері негізделген.
Түйін сөздер: айқын емес модель, білім беру үрдісі, оқытудың кредиттік технологиясы, бітіруші түлектің моделі, кәсібт құзырлылық.

Abstract. *The article describes the fuzzy model of assessing the quality of the results of the educational process with the loan program. The content of the term quality of educational outcomes is detailed by the related concepts. The process of formation of personal educational outcomes is regarded not only as a subject of building, but also as an innovation. The possibility of the use of fuzzy sets is substantiated for the analysis of the personal learning outcomes. The authors present ways to transfer different formats of assessment of learning outcomes into a single scale.*
Keywords: *fuzzy model, educational process, credit technology of training, graduate's model, professional competence*

Работа выполнена при поддержке грантового финансирования научно-технических программ и проектов Комитетом науки МОН РК, грант №3639/ГФ4.

ӘОЖ 002.6:37.016

Ш.Т. Шекербекова

ИНФОРМАТИКАНЫ ДАМЫТА ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІ

(Алматы қ., Абай атындағы Қазақ ұлттықпедагогикалық университеті)

Аңдатпа*. Мақалада информатиканы оқытуда дамыта оқыту әдістерін қолдану мәселесі қарастырылады. Жалпы білім беретін мектеп оқушыларына информатиканы дамыта оқыту әдістерінің мазмұны келтіріледі. Информатиканы дамыта оқытудың монологиялық әдіс, диалогтық әдіс, зерттеу әдісі, алгоритмдік әдіс, бағдарламаланған әдістер туралы айтылады. Бұл оқыту әдістерінің белгілері, анықтамалары, негізгі функциялары және ережелері келтіріледі. Сонымен қатар, бұл оқыту әдістердің қолданылуы мен басқа информатиканы дамыта оқыту әдістерінен айырмашылығы сипатталады.*

***Түйін сөздер**: дамыта оқыту, дамыта оқыту әдісі, информатиканы дамыта оқыту әдістері, зерттеу әдісі, алгоритмдік әдіс, бағдарламаланған әдіс.*

Қазақстан Республикасының президенті Н.Ә.Назарбаев Қазақстан халқына арналған жолдауында «XXI ғасырда білімін дамыта алмаған елдің тығырыққа тірелетіні анық» деген пікірі айтылған. Бүгінгі білім берудің мақсаты – тек білім, білік дағдыларын меңгеру ғана емес, өзін-өзі дамытуға ұмтылатын, ақылды, алғыр, ой-өрісі кең, ақпарат көздерін өз бетімен қолдана алатын, қабілетті, талантты жаңа ғасыр ұрпақтарын тәрбиелеу.

Бүгінгі таңда өмірде болып жатқан өзгерістерге байланысты қоғамның шығармашылық әрекет пен шығармашыл тұлғаға мұқтаж екендігі дәлелденуде. Осыған орай, орта білім беретін мектептерге үлкен талап қойылуда. Дамыта оқыту үрдісінде оқушы оқу әрекетімен шұғылданып, теориялық ойлауға икемделеді, білімді өзі меңгеруге мүмкіндік алады. Дамыта оқытуда баланың ізденушілік-зерттеушілік әрекетін ұйымдастыру басты назарда ұсталады. Ол үшін оқушы өзінің осы кезге дейінгі білетін тәсілдерінің жаңа мәселені шешуге жеткіліксіз екенін сезініп, содан барып оның білім алуға әрекеттенеді. Сабақ мұндай жағдайда төмендегідей құрамдас бөліктерден тұратын болады:

1. Оқу мақсаттарының нақты қойылуы.
2. Оны шешудің жолын бірге қарастыру.
3. Шешімнің дұрыстығын дәлелдеу.

Бұл үшеуі дамыта оқытудың Д.Б.Эльконин, В.В.Давыдов жасаған жүйесінің негізгі компоненттері [1,2]. Оқушы алдына оқу мақсаттарын қоюда ешқандай дайын үлгі берілмейді. Мақсатты шешу іштей талқылау, сосын жинақтау арқылы жүзеге асады.

Соңғы жылдарда мектеп оқушыларына дамыта оқыту проблемаларына көп көңіл бөлінуде. Бұл оқушылардың интеллектуалдық, адамгершілік және дене даму проблемаларының біздің білім беруімізде өте өзекті проблемаларға айналып жатқандығын көрсетіп отыр. Оған қоса, қазіргі заманғы мектепте білім беруді түрлендіру принциптерінің бірі оны шынайы дамып келе жатқан білім ретінде жаңарту принципі болып табылады.

Информатиканы дамыта оқыту әдістемесі дамыта оқыту технологиясына жатады. Дамыта оқыту идеясын 30-шы жылдары Л.С.Выготский ұсынған. Оның негізгі гипотезасы – білім оқытудың соңғы мақсаты емес, бар болғаны оқушыларды дамыту құралы болып табылады. Әдістеменің негізіне дамыта оқыту принциптері және когнитивті психологияның тұжырымдамалық қағидалары жатқызылу керек [3].

Біздің пікірімізше, информатиканы дамыта оқыту әдістерін құрудың білім беру саласының мазмұнын анықтайтын негізгі факторларды кешенді, теңдестірілген ескеруге негізделген, атап айтқанда, болмыстың зерттеліп жатқан саласының құрылымын және адамның осы саладағы қызметінің құрылымын дамыта оқыту принциптерін ескере отырып кешенді талдауға негізделген әдіснамасы тиімдірек болуы мүмкін. Осы әдіснаманың рет-ретімен қолданылуы көбінесе ақпараттық сипатқа ие және негізінен атқару қызметіне бағытталған информатиканы оқытудан қазіргі заманғы ақпараттық орта жағдайларында бағыт таба алатын және дәйекті шешім қабылдай алатын жеке тұлғаның қалыптасуына бағытталған, шығармашылық қызмет тәсілдерін білетін және дайын білімді меңгеруге ғана емес, жаңа білімді генерациялауға қабілетті жеке адамды қалыптастыруға көшуге мүмкіндік береді. Мұндай тәсіл басқа да қазіргі кезде өзекті болып табылатын проблеманы шешуге, атап айтқанда көбінесе computer science-пен байланысты кәсіби білімді құрайтын бөлігіне қарағанда информатика саласындағы қызметтің жалпыланған құрылымын толық көлемде негіздеуге мүмкіндік береді [4].

Жалпы білім беретін мектеп оқушыларына информатиканы дамыта оқыту әдістерінің мазмұнын толығырақ қарастырайыз. Әр әдісті келесі қарау жоспарын басшылыққа аламыз: белгілер; анықтама; негізгі функциялар; ережелер; қолдану; басқа әдістерден айырмашылық. Бұл жағдайда ережелер оқытудың негізгі міндеттерінің инварианттық құрылымына негізделіп тұжырымдалады:

1) жаңа білімдердің және әрекет ету тәсілдерінің қалыптасуы;

2) оқушыларды белсенді қызмет жасауға ықпал етеді;

3) оқу үдерісін басқару;

4) процесс пен нәтижелерді бағалау.

Енді информатиканы дамыта оқыту әдістерінің мазмұнына толығырақ тоқталамыз.

Оқытудың монологиялық әдісі. Бұл әдістің белгісі мұғалімнің информатика бойынша оқу материалын ауызша мазмұндауы, фактілерді сүреттеп түсіндіруі және т.с.с., проблемалық жағдаяттардың пайда болуы. Осы әдісті қолдану кезінде оқушылардың орындаушылық қызметі басым болады: бақылау, тыңдау және есте сақтау, әрекеттерді үлгі бойынша орындау; білімді жаңғырту сапасы бойынша бақылау және бағалау. Монологиялық әдіс – бұл оқушыларға информатиканы дайын қорытындыларын әңгіме немесе мектеп дәрісі түрінде аудиовизуалдық құралдарды қолдана отырып және оқушылардың информатика курсы бойынша білімдері мен дағдыларын олардың қабылдау және түсіну деңгейінде қалыптастыру мақсатымен оқушыларға оқу материалын дайындау және мазмұндау ережелерінің оқыту принциптерімен негізделген жүйесі. Осы әдістің негізгі функциялары ретінде мыналарды анықтауға болады:

• оқушыларға информатиканың дайын қорытындыларын фактілер, заңдар, прицниптер, ережелер және қағидалар түрінде жеткізу;

• өткен материалды қайталауды және бекітуді ұйымдастыру, білімді тереңдету;

• репродуктивті ойлауды жетілдіру.

Осы әдісті пайдалану кезінде келесі ережелерді сақтау керек:

• оқушыларға оқу материалын хабарлау, есте сақтау немесе жаттығуларда қолдану үшін оны суреттеу немесе түсіндіру;

• ынталандыру әсер тәсілдерін таңдап алу және қолдану;

• әрекеттердің үлгісін көрсету (белгілі бір әрекетті қалай орындау керектігін мысалдар түрінде көрсету);

• білімдер мен дағдыларды бақылауды және бағалауды информатика курсының меңгерілген материалын жаңғырту сапасы бойынша жүргізу. Бұл әдіс оқушылардың көшірмелейтін сипаттағы қызметін білдіреді: бақылау, тыңдау, есте сақтау, әрекеттерді үлгі бойынша жасау, компьютермен жұмыс істеу, типтік есептерді шешу және т.б. Монологиялық әдісте оның мүмкіндіктерін күшейтетін амалдарға ерекше назар аудару керек. Яғни бұл арада үйренуге қозғау амалдары туралы сөз етіліп отыр, мысалы, оқушылар тапсырманы орындау кезінде жасаған қателерді талқылау кезінде, оқытушы жұмысты үлгі бойынша орындауды немесе тыңдауды талап ететін жағдайларда. Осы жағдайлардың барлығында, ең алдымен, оқушыларды алдағы жұмысқа дайындау, олардың ойын жұмыс мақсатын қабылдауға бағыттау, назарын оқу жағдайына шоғырландыру қажет. Яғни оқу үдерісін қамтамасыз етудің барлық мүмкіндіктерін іске асыру керек.

Диалогтық әдіс. Бұл әдістің белгілеріне мыналар жатады: оқу материалын, оның ішінде информатика бойынша оқу материалын мазмұндау оқушыларға көбінесе таныс материал бойынша репродуктивті сұрақтар қолданылатын хабарлаушы сұхбаттар түрінде жүзеге асырылады. Сонымен қатар мұғалім проблемалық жағдайды құруы, бірқатар проблемалық сұрақтарды қоюы мүмкін, бірақ бұл жағдайда жаңа ұғымдар мен әрекеттер тәсілдерінің мәнін мұғалім түсіндіреді. Диалогтық әдіс – бұл оқыту принциптері шарттасылған оқу материалын дайындаудың және мұғалімнің оқу материалын түсіндіруі, оқушылардың оны меңгеруі; оқушылардың проблемаларды қоюға және оларды шешуге қатысуына түрткі болу; олардың оқу қызметін белсендіру мақсатымен хабарлаушы сұхбат жүргізудің реттеуші ережелер жүйесі. Бұл әдістің функциялары келесілер болып табылады:

• информатиканы оқыту барысында оқу қызметінің жаңа түсініктерін және тәсілдерін репродуктивтік сұрақтардың және алдын ала құрылатын проблемалық жағдайлардың көмегімен ашу;

• танымдық қатынасты белсендіру және оқушыларды ой әрекетіне немесе тәжірибелік қызметке итермелеу, олардың сөйлеу арқылы қатынасу және өз бетінше жұмыс жасау ептіліктерін қалыптастыру;

• оларға ұжымдық ойлау қызметінің тәсілдерін үйрету.

Бұл әдісті пайдалану кезінде келесі ережелерді есте сақтау керек:

• хабарлаушы сұхбаттың барысында проблемалық жағдайларды құру (мүмкіндігінше);

• оқушыларды проблеманы тұжырымдауға, болжамдарды ұсынуға, гипотезаны негіздеуге және оны дәлелдеуге тарту;

• бақылау мен бағалауды оқушылардың хабарлаушы сұхбатқа және информатика бойынша оқу проблемаларын шешуге қатысу белсенділігінің деңгейі бойынша жүзеге асыру.

Информатиканы оқыту барысында диалогтық әдіс сабақтарда жүргізілетін сұхбат (жаңа материалды үйрену; білімді талдап қорыту және жүйелеу) түрінде іске асырылады. Сұхбаттасу кезінде мұғалім оқушыларды олардың білімдері мен ептіліктеріне қатысты сұрақтарға жауап беруге тартады. Олардың оқу қызметіндегі тәуелсіздігінің үлесі репродуктивті сұрақтардың санымен анықталады. Жауап беру үшін жаңа ақпаратты, жаңа білімдерді, жаңа амалдарды талап ететін сұрақтарды қою кезінде мұғалім өзі жауап береді немесе оқушылардың оқу құралын оқуын ұйымдастырады және т.б. бұл әдіс өте серпінді болып табылады, ол эвристикалық, және қажет болса монологтық әдіске ауысуы мүмкін, информатика сабағының кез келген кезеңінде қолданыла алады.

Зерттеу әдісі. Бұл әдістің негізгі белгілері мыналар: мұғалім оқушыларға проблемалық тапсырмаларды бере отырып және олармен бірге жұмыстың мақсатын әзерлей отырып, оқушылардың жаңа білімді меңгеру бойынша өз бетінше жұмысын ұйымдастырады. Әдетте, проблемалық жағдайлар оқушылардың көбінесе теориялық қана емес, тәжірибелік те (аспаптық) сипаты бар тапсырмаларды орындауының барысында пайда болады (қосымша фактілерді, мағлұматтарды іздестіру, ақпаратты жүйелендіру және талдау т.с.с.). Зерттеу әдісі – бұл оқыту принциптерімен оқу материалын дайындаудың және оқытушының оқушылардың проблемалық тапсырмаларды олардың жаңа түсініктер мен әрекеттер тәсілдерін меңгеруі және олардың интеллектуалдық және басқа да салаларын дамыту мақсатымен шешу бойынша өз бетінше жұмысын ұйымдастыруының реттеуші ережелер жүйесі. Осы әдістің негізгі функциялары мыналар болып табылады:

• шығармашылық ойлауды және интеллектуалдық саланың басқа да құрамдауыштарын қалыптастыру;

• оқушылардың жаңа білімдер мен әрекеттер тәсілдерін өз бетінше меңгеруі;

• оқушылардың олар бұрын үйретілмеген жаңа әрекеттер тәсілдерінің пайда болуын ынталандыру;

• эмоциялық, еріктік салаларын қалыптастыру. Бұл әдістерді қолдану кезінде келесі ережелерді ескеру қажет:

1) мұғалім проблемалық оқыту мүмкіндігіне және мақсаттылығына сүйеніп оқушыларға оқу проблемасын шешу бойынша өз бетінше жұмыс тапсырады;

2) проблемалық жағдайды құру және оны шешу бойынша тапсырманы қою арқылы мұғалім оқушыларды іздестіру сипатындағы оқу қызметіне итермелейді;

3) бақылау және бағалау танымдық тапсырмаларды оңтайлы шешу тәсілі, оқу проблемаларын қою және шешу, нәтижелерді мазмұндау және өз қорытындыларын дәлелдеу ептілігі бойынша жүзеге асырылады. Жоғары сынып оқушыларына информатиканы оқыту барысындағы зерттеу әдісі (ең күрделі әдіс ретінде) эвристикалық әдіске қарағанда сирек және үйретілуі информатика бойнша іздестір сипатындағы тәжірибелік немесе теориялық жұмыстардың орындалуымен байланысты оқушыларға түсінікті материалда қолданылады. Аталған әдіс зертханалық және тәжірибелік жұмыстарды, практикумдарды ұйымдастыру және жүргізу түрінде, білімдерін қоғамдық байқау, бірнеше сабақ бойы тақырыптамалық пәнаралық (интегративтік) оқу проблемаларын шешу, біртұтас проблеманы шығармашылық оқушылар тобының шешуі, оқу ойындарын ұйымдастыру кезінде қолданылады.

Алгоритмдік әдіс. Аталған әдістің негізгі белгілері мыналар: оқушыларға ауызша нұсқау беру; әрекеттің үлгісін және оны орындау алгоритмін (ережелер мен ұйғарымдар жиынтығын) көрсету; үлгі мен алогритм бойынша қызметтің бар болуы; алгоритмдерді оқушылардың өздері әзерлейтін кездер болады. Оқытудың алгоритмдік әдісі – бұл оқыту принциптерімен шарттасылған мұғалімнің жаңа білімдер мен әрекеттер тәсілдерін ұйғарымдар және тапсырмаларды орындау алгоритмдерін көрсету арқылы меңгеру (оған қоса алгоритмдерді меңгеру) процесін ұйымдастыруының реттеуші ережелер жүйесі.

Бұл әдістің негізгі функцияларына мыналар жатады:

• оқушылардың белгілі бір ережелер мен ұйғарымдар бойынша жұмыс істеу ептілігін қалыптастыру;

• нұсқаулар бойынша зертханалық және тәжірибелік жұмыстарды ұйымдастыру;

• қызметтің жаңа алгоритмдерін өз бетінше құру ептілігін қалыптастыру.

Осы әдісті қолдану кезінде келесі негізгі ережелерді сақтау керек:

1. оқушыларға тапсырманы қалай орындау керектігі егжей-тегжейлі түсіндіріледі;
2. оларға тапсыманы іс жүзінде орындаудың үлгісі көрсетіледі;
3. тапсырманы орындау кезінде оқушылар мұғалім ұсынған алогритмді пайдаланады (немесе оны өздері әзірлейді);
4. бақылау және бағалау қызметтің барысында және оның нәтижелері бойынша жүзеге асырылады. Жоғары сынып оқушыларына информатиканы оқыту барысында алгоритмдік әдісті қолдану кезінде мұғалім оқушыларға әрекеттердің жаңа үлгілерін көрсеті мүмкіндігіне ие болады, ол нұсқама береді, оларға әрекеттер алгоритмдерін үйретеді, оларды өз бетінше құруды үйретеді, тәжірибелік орындаушылық қызмет жасау ептіліктері мен дағдыларын қалыптастырады (оны өз бетінше жоспарлау, алгоритмдерді түзету, бақылау, әзірлеу). Осы әдістің негізінде жаңа білімдерді меңгерудің және ептіліктерді игерудің жеке қабілеттері қалыптасады. Информатиканы оқыту барысында бұл әдіс алгоритм немесе жаңа алгоритмді іздестіру бойынша орындалатын тапсырмалар түрінде іске асырылады. Алгоритмдік әдістің негізінде әрекеттің алгоритмін алдағы тапсырманы орындау мақсаттары, міндеттері, тәсілдері (нені, не үшін және қалай жасау керектігі) туралы нұсқама түрінде жеткізу жатыр. Оқушылардың даму деңгейіне қарай нұсқама қысқаша, жалпыланған немесе егжей-тегжейлі, толық болуы мүмкін, сұрақ-жауап түрінде немесе жазбаша ұйғарымдарды, карточкаларды, техникалық оқу құралдарын пайдалану арқылы жүргізіле алады. Мысалы, зертханалық-тәжірибелік жұмыстарды орындау кезінде келесідей жұмыстар жоспарын ұсынуға болады: 1) Алдағы жұмыстың мақсаты қандай? Не істеу керек, қандай жаңа білімді меңгеру керек, қандай тәсілді үйрену керек, қандай ептілікті дамыту керек? 2) Ол үшін не істеу керек? Жұмыста нені анықтау керек? Қандай заңдылықты тексеру керек? Ол қалай қалыптастырылады, қалай дәлелденеді және т.б.

Бағдарламаланған әдіс. Бұл әдістің негізгі белгілері келесілер болып табылады: оқушылардың білім мен әрекеттер тәсілдерін өз бетінше меңгеруі үшін оларға сұрақтар мен тапсырмаларды қоя отырып, оқу материалын машинамен және машинасыз бағдарламалау. Бағдарламаланған әдіс – бұл оқыту принциптерімен шарттасылған оқу материалын құрылымдаудың және оқушылардың оны бағдарламалық педагогикалық құралдардың (БПҚ) көмегімен үйрену бойынша өз бетінше жұмысын басқаруының реттеуші ережелер жүйесі. Аталған әдістің негізгі функциялары:

• оқу қызметін БПҚ және техникалық оқу құралдарының (ТОҚ) көмегімен басқару;

• өзін өзі бақылау дағдыларын үйрету;

• компьютерге арналған оқытатын және басқа да бағдарламаларды құрастыру; жеке ерекшеліктерді дамыту.

Бұл әдісті қолдану кезінде келесі ережелерді сақтау керек:

1. оқу материалы БПҚ көмегімен құрылымдалады;

2. оқушыларды оқу қызметіне қосу және бағдарламаланған тапсырмаларды орындауға жетелеу жұмыс түрлерінің жаңа болуының және оқу процесін қамтамасыз етудің арқасында жүзеге асырылады;

3. бақылау және бағалау бағдарламаланған тапсырмаларды орындау нәтижелері бойынша жүзеге асырылады. Информатиканы оқыту барысындағы бағдарламаланған әдіс басқа оқыту әдістерінің ішінде бара-бара кең қолданылуда. Компьютерлердің жоғары техникалық және дидактикалық мүмкіндіктерінің арқасында бұл әдіс тек информатиканы ғана емес, көптеген басқа да оқу пәндерін оқыту кезінде, және сабақтың барлық кезеңдерінде қолдануға болады.

Осы оқыту әдістерін информатиканы оқытуда қолдану жағдайлары үшін оңтайлы оқыту әдісін таңдап алу мәселелері оқытушы қызметінің ең маңызды тұсын құрайды. Информатиканы оқыту барсында ең тиімді оқыту әдісін таңдап алу мәселелері оқытушы қызметінің ең маңызды бөлігі болып табылады. Оқыту әдістерін дұрыс таңдап алынуына әсер ететін факторларды қарастырайық. Ю.К. Бабанскийдің, М.И. Махмутовтың және басқалардың зерттеулері оқыту әдістерін таңдау және үйлестіру кезінде төмендегі критерийлерді басшылыққа алу керектігін атап көрсетеді:

• оқыту мен дамытудың мақсаттары мен міндеттеріне сәйкестігі;

• сабақ тақырыбының мазмұнына сәйкестігі;

• оқушылардың нақты оқу мүмкіндіктеріне: жас ерекшеліктерінің мүмкіндіктеріне (физикалық, психикалық), дайындық (оқығандық, дамығандық, тәрбиеленгендік) деңгейіне, сынып ерекшеліктеріне сәйкестігі;

• қалыптасқан жағдайларға және оқуға бөлінген уақытқа сәйкестігі; •оқытушылардың өздерінің мүмкіндіктеріне сәйкестігі. Бұл мүмкіндіктер алдыңғы тәжірибесімен, әдістемелік дайындығымен, психологиялық-педагогикалық дайындық деңгейімен анықталады [5-6].

Сабақтың мақсаты мен оған қол жеткізу мүмкіндіктерінің, оқыту мазмұнының және әдістерінің арақатынасы белгіленеді. Бірақ мазмұн әр түрлі болса, әдістер де әр түрлі болуы мүмкін, сондықтан әдістерді таңдап алу кезінде бірден барлық аталған критерийлер ескеріледі. Ол үшін оқу материалын кешенді талдау және оны оқушылардың меңгеруі үшін қолжетімділігі талап етіледі.

Сонымен, информатиканы дамыта оқыту оқушыларды әр түрлі іс-әрекетке тартуға ықпал жасайды, сабаққа дидактикалық ойындар, пікір-таластар, ойлау-қиялдау, есте сақтау, тіл байлығын, логикалық ойлауын, шығармашылық қабілеттерін дамытуға арналған оқыту әдістерін қолдануды ұсынады. Оқу үрдісіндегі күнделікті сабақта оқушылардың жоғарғы білімді және адамгершілік құндылықтары дамытылатын болса, жеке тұлға білімдегі шындықты іздеу, салыстыру, дәлелдеу, зерделеу, өз іс-әрекеттерін сараптап, өзіне-өзі баға беруге дағдыланады.

1. Д.Б.Эльконин Избранные психологические труды М.: Педагогика- 1989.
2. В.В.Давыдов Проблемы развивающего обучения" М.: Педагогика, 1986.
3. Е. В. Богомолова, Теория и методика обучения информатике : курс лекций. Ч. 1. Теория обучения информатике/ Е.В.Богомолова.- Рязань. : Изд-во Рязан.гос.пед.ун-та, 2003. 108 с.
4. А.Амзаева Информатиканы дамыта оқыту әдістемесіне талдау. //«Әлемдік ақпараттық білім беру кеңістігі бәсекеге қабілетті ұстаз қолында» атты жас ғалымдарға арналған Республикалық ғылыми-прак. конф.матер.жинағы. Алматы, 2014. Б.258-262.
5. Педагогика. Под редакцией Ю.К.Бабанского - 2-е изд., доп. и перераб. - М. : Просвещение, 1988. - 479 с.
6. Махмутов М. И. Теория и практика проблемного обучения. — Казань, 1972. — 365 с.

Аннотация: *В статье рассмотрена вопрос применения методов развивающего обучения информатике. Приведено содержание методов развивающего обучения информатике учащихся общеобразовательных школ. Затронуты монологический, диалогический, исследовательский, алгоритмический, программированный методы развивающего обучения информатике. Дано описание признаков, определений, основных функций данных методов обучении. Так же, приводится правил и их использования, и отличий данных методов от других методов развивающего обучения информатике.*

Ключевые слова: *развивающее обучения, методы развивающее обучения, методы развивающие обучения информатики, исследовательский метод алгоритмический метод программированный метод.*

Abstract. *The task of application of methods of the developing educating to the informatics is considered in the article. Maintenance over of methods of the developing educating to the informatics of general schools of students is brought. A monologue is affected, dialogic, research, algorithmic, programed methods of the developing educating to the informatics. Description of signs, determinations, basic functions, rules and their use, and also differences of these methods from other methods of the developing educating to the informatics is Given.*

Keywords: *developing training, developing training methods, methods of developing training informatics, research method, algorithmic method, the programmed method.*