

ISSN-1682-0533

Научно-Техническое Общество «КАХАК»

ИЗВЕСТИЯ

Научно-Технического Общества «КАХАК»

2017, № 2 (57)

Алматы, 2017

ИЗВЕСТИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА «КАХАК»

Алматы, 2017 г., № 2 (57)

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Пак И.Т. – заслуженный деятель науки и техники РК,
доктор технических наук, профессор

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Бияшев Р.Г. – доктор технических наук, профессор; **Кан В.М.** – доктор сельскохозяйственных наук; **Ким Н.Х.** – кандидат технических наук; **Мукашев Б.Н.** – доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК; **Мун Г.А.** – доктор химических наук, профессор, *заместитель главного редактора*; **Сон Э.Е.** – доктор физико-математических наук, профессор, академик РАН (Москва, РФ); **Цой О.Г.** – доктор медицинских наук, профессор; **Цой С.В.** – доктор технических наук, профессор; **Khatskevich V.Kh.** – доктор технических наук, профессор (Нью-Йорк, США); **Kim Byung-Soo** – PhD (Сеул, Республика Корея); **Park Kinam** – PhD, профессор (Уэст Лафейетт, США); **Ю В.К.** – доктор химических наук, профессор, *ответственный секретарь*; **Югай О.К.** – кандидат химических наук, *зам. ответственного секретаря*.

EDITOR-IN-CHIEF

Pak I.T. – Honored Worker of Science and Technology of Kazakhstan,
Doctor of Technical Sciences, professor

THE EDITORIAL BOARD:

Biyashev R.G. – Doctor of Technical Sciences, professor; **Kan V.M.** – Doctor of Agricultural Sciences; **Kim N.Kh.** – Candidate of Technical Sciences; **Mukashev B.N.** – Doctor of Physico-mathematical Sciences, professor, NAS RK academician; **Mun G.A.** – Doctor of Chemical Sciences, professor, *Deputy Chief Editor*; **Son E.E.** – Doctor of Physico-mathematical Sciences, professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russian Federation); **Tsoy O.G.** – Doctor of Medical Sciences, professor; **Tsoy S.V.** – Doctor of Technical Sciences, professor; **Khatskevich V.Kh.** – Doctor of Technical Sciences, professor (New-York, USA); **Kim Byung-Soo** – PhD (Seoul, Republic of Korea); **Park Kinam** – PhD, professor (West Lafayette, USA); **Yu V.K.** – Doctor of Chemical Sciences,

professor, ***Managing Editor***; **Yugay O.K.** – Candidate of Chemical Sciences,
Deputy Managing Editor

Учредитель: Научно-техническое общество «КАХАК»

Издается с 1998 г.

Выходит 4 раза в год.

Свидетельство о регистрации издания № 1561-ж от 3 ноября 2000 г.

Выдано Министерством культуры, информатики и общественного согласия Республики Казахстан

Подписной индекс: 74838

Подписку можно оформить в отделениях связи АО «Казпочта».

Подписка продолжается в течение года.

Адрес редколлегии и редакции:

050010, г. Алматы, ул. Пушкина, 125, к. 108.

телефон 8-(727)-2727902, 2916069

e-mail: izv.ntokaxak@mail.ru

Сайт: www.ntokaxak.kz

ISSN-1682-0533

ОБЗОР

МРНТИ 30.51.37
УДК 539.3: 550.34

О МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ В ОЧАГОВЫХ ЗОНАХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ЛИТОСФЕРНО- ИОНОСФЕРНЫХ СВЯЗЯХ

Ким А.С., Шпади Ю.Р., Литвинов Ю.Г.

*Национальный центр космических исследований и технологий, Институт ионосферы,
Алматы, Республика Казахстан
e-mail: kim.as@mail.ru*

Методами математического и компьютерного моделирования изучены нестационарные процессы в очаговых зонах земной коры. Проведены численные расчеты и визуализация на основе аналитического решения Кима А.С. для динамической модели очага землетрясения, позволяющей учитывать диссипацию энергии в очаге. Исследовано излучение сейсмических волн из очага: на основе количественных оценок показано, что интенсивность воздействия сейсмической волны на участок существенно зависит от его расположения относительно магистрального разрыва. Проведен численный анализ перемещений в очаговой зоне под воздействием сейсмических волн: плоской волны, распространяющейся от поверхности разрыва, и цилиндрических волн, исходящих от его краев. Установлено, что плоская волна обладает большим воздействием в сравнении с воздействием цилиндрической волны. Получены количественные оценки воздействия сейсмической волны на участки, расположенные вдоль прямой линии. Установлено, что на магистральном разрыве могут происходить реверсные (обратные) смещения берегов разрыва.

Ключевые слова: нестационарный процесс, математическая модель, землетрясение, разрыв, литосфера, аналитическое решение, численный анализ.

Жер қыртысы ошақты аймақтарында стационарлық емес процестердің зерттелуінің компьютерлік модельдеуі және математикалық әдістері. Ошақтағы энергия диссипациясын ескеру мүмкіндігін беріп, жер сілкінісі ошағының динамикалық моделі үшін Ким А. С. сандық есептеулер және бейнелеу негізінде аналитикалық шешімдер жүргізілді. Ошақтағы сейсмикалық толқындардың сәулелері зерттелді: негізінде сандық бағалау көрсетілгендей, бұл әсер учаскіге сейсмикалық толқынның қарқындылық етуі оның жері қатысты құбырының жарылуының орналасуы айтарлықтай байланысты. Ошақтық аймағында сейсмикалық толқындардың орын ауыстырулары әсерінен сандық талдау өткізілген: жазық толқындар, беркі үзілу қабатының таралымы және оның шеттерінің шығысының цилиндрлік толқындары. Бұл цилиндрлік толқындар әсерінен жазық үлкен әсері бар толқындармен салыстырылуымен анықталды. Сейсмикалық толқынның тіке сызық бойымен орналасқан аймақтарға әсерінің сандық бағамы алынды. Бұл ығысу жағалауының үзілген магистральдық жарылуының реверсті (кері) алу мүмкіндігі анықталды.

Тірек сөздер: стационарлы емес процессі, математикалық модел, жер сілкінісі, жарық, литосфера, аналитикалық шешім, сандық талдау.

Methods of mathematical and computer modeling have been used to study non-stationary processes in the nidal zones of the earth's crust. Numerical calculations and visualization based on the analytical solution of Kim A.S. are carried out for the dynamic model of the source of the earthquake, this model takes into consideration the dissipation of energy in the source. The radiation of seismic waves from the source was investigated. On the basis of quantitative evaluation, it is shown that the intensity of a seismic wave action on a site is substantially dependent on its location relative to the magistral discontinuity. A quantitative analysis of displacements in the nidal zone under the influence of seismic waves is carried out. The value of a plane wave dilating from the discontinuity surface and cylindrical waves emanating from its edges is calculated. It is found that a plane wave has a large effect in comparison with the action of a cylindrical wave. Quantitative estimates of the effect of the seismic wave on the sections located along a straight line were obtained. It was found that on the magistral of break reverse (back) displacements of the shores can occur.

Keywords: *non-stationary process, mathematical model, earthquake, break, lithosphere, analytical solution, quantitative analysis.*

1. Введение

В различных геосферах Земли, включая её твердые, жидкие и газообразные оболочки, происходят сложные динамические и квазистатические процессы, исследованию которых в настоящее время уделяется большое внимание, что связано с необходимостью прогнозирования природных явлений и тенденций на нашей планете. Среди этих исследований важное место занимают изучение нестационарных процессов в очаговых зонах землетрясений, расчеты вертикальных и горизонтальных движений земной поверхности, изучение динамики блочных структур и разломов, которые являются мощными источниками возмущений в литосфере, контролирующих миграцию сейсмической активности, фильтрацию флюидов и разрушение горных пород. Эти исследования актуальны и в динамике литосферно-ионосферных взаимодействий, связанных с откликом ионосферы на динамические и квазистатические процессы в очаговых зонах земной коры, предвещающие и сопровождающие разрушительные землетрясения.

Очаги тектонических землетрясений располагаются на больших глубинах и не доступны непосредственным наблюдениям. В связи с этим в исследованиях большую роль играют методы математического и компьютерного моделирования процессов в очаговых зонах. Аналитические решения, получаемые в механике разрушения и в механике очага тектонического землетрясения, обычно имеют сложный вид, который затруднительно использовать в инженерных расчетах и приложениях, а имеющиеся оценки сделаны в основном для процессов в дальней зоне от источника. Между тем, например, при изучении литосферно-ионосферных связей, используемых для прогноза землетрясений, необходимы данные о кинематике и динамике в ближней очаговой зоне для оценки электромагнитных и электрокинетических процессов, вариаций геомагнитного, гравитационного и других геофизических полей в периоды сейсмической активизации. В представленной статье обращается внимание именно на модельное изучение и представление нестационарных процессов в ближней очаговой зоне землетрясения.

1.1. Нестационарные процессы в очаговых зонах землетрясений и вариации параметров ионосферы и геофизических полей.

Распространение землетрясений по нашей планете связано с границами тектонических плит. Современные сейсмографы фиксируют ежегодно более 100 тысяч землетрясений, из них люди ощущают около 10 тысяч землетрясений. Примерно 100 из них бывают разрушительными. Всякое сильное землетрясение – это достаточно продолжительный процесс со стадиями подготовки, реализации и последствий [1–7]. В настоящее время получены теоретические и экспериментальные результаты, значительно продвинувшие решение проблемы по созданию системы прогноза землетрясений. К наиболее существенным из них относятся явления в ионосфере и геомагнитном поле, сопровождающие землетрясения и предшествующие им, которые обнаружены как наземными, так и спутниковыми исследованиями [8–15]. Появление сейсмогенных вариаций в ионосфере перед сильными землетрясениями объясняется воздействием квазистатического электрического поля, возникающего на поверхности Земли в области подготовки сильного землетрясения [16, 17].

Анализ существующих экспериментальных результатов и физических моделей литосферно-ионосферной связи на заключительной стадии подготовки землетрясений показал, что аномальные электромагнитные эффекты над областью подготовки сильных землетрясений за несколько дней перед ними проявляются как неоднородности со специфической динамикой развития. Над эпицентрами сильных землетрясений по спутниковым данным были зарегистрированы всплески магнитной и электрической компонент поля низкочастотных шумовых излучений за несколько часов до главного сейсмического удара. Обнаружены изменения в электрической и магнитной составляющих поля низкочастотных излучений, регистрируемых на борту спутника, при пересечении проекции его трассы над глубинными разломами литосферы. Эти излучения обусловлены особенностями нестационарных процессов в зонах тектонических разломов земной коры [18].

Процесс фазового перехода больших объемов горных пород из ненарушенного состояния в состояние предразрушения в стесненных условиях ограниченности объема может происходить в течение десятков минут или часов (в отличие от процесса разрушения на земной поверхности, где разрушение происходит в считанные мгновения). В периоды подготовки землетрясений в очаговых зонах происходит растрескивание породы, облегчающее поступление в них насыщенных ионами флюидов, а непосредственно перед землетрясениями – локализация деформаций в узкие (десятки, сотни метров) по геологическим масштабам зоны. Деформирование и разрушение горных пород вызывают механоэлектрические процессы, которые приводят к разделению электрических зарядов в результате возникновения заряженных дислокаций на дефектах кристаллической решетки, образования электрически заряженных трещин, протекания электрохимических реакций на границах минеральных зерен, возникновения некомпенсированных ионов. По естественным волноводам, которыми являются разломные зоны, эти процессы влияют на локальные распределения электрического поля на земной поверхности, которые могут быть замечены современными наземными и спутниковыми наблюдениями.

1.2. Основные представления о разломах и блочных структурах в земной коре

Согласно основным положениям геомеханики земная кора – открытая динамическая система, в которой под действием внешних и внутренних источников энергии развиваются процессы самоорганизации. Важная роль в блочной структуре земной коры принадлежит

межблоковым промежуткам – разломам и трещинам, заполненным обломочным материалом и мягким грунтом [3–5, 19].

Медленные движения в структурах земной коры сопровождаются дезинтеграцией среды и характеризуются устойчивыми режимами деформирования. Природные твердые тела в зонах тектонических разломов при очень медленном деформировании, хотя и сохраняют локально упругие свойства, в целом ведут себя как вязкие жидкости. Зоны глубинных разломов и проницаемых межблоковых промежутков являются естественными волноводами для выхода сейсмической энергии, электромагнитного излучения, глубинных флюидов и газов. Релаксация тектонических напряжений сопровождается сейсмическим режимом вплоть до крупных землетрясений. Сейсмические и флюидодинамические процессы в земной коре являются источником аномальных явлений на фоне глобальных геодинамических полей Земли [5–8].

Дезинтеграция твердого тела при медленном деформировании стремится локализоваться в узкой зоне. Дезинтеграция горных пород будет наблюдаться там, скорость подвижки граничных поверхностей тела достигает нескольких сантиметров в год. При меньших скоростях подвижки деформация будет осуществляться в режиме крипа – необратимой деформации тела под действием напряжений, которые заметно меньше предела прочности.

В результате преимущественного развития межблоковых деформаций существенно изменяются фильтрационные свойства массива за счет увеличения проницаемости межблоковых границ, определяя тем самым пути миграции жидкости и газа. Имеются многочисленные свидетельства остаточных смещений на свободной поверхности, возникших в результате относительных смещений берегов разломов.

Зоны разломов характеризуются тем, что в них возможны развитые сдвиговые деформации. В окрестности разломов формируются области повышенных и пониженных напряжений, контролирующих фильтрацию флюидов, сейсмичность и разрушение горных пород. Слабая сопротивляемость твердого тела изменению формы при малых скоростях деформации сближает это тело с вязкой жидкостью.

Разрушение горных пород сильно зависит от запаса энергии в системе и, прежде всего в той части, которая связана с изменением ее формы. В этой связи особый интерес представляет собой исследование напряженно-деформированного состояния породных массивов в зонах тектонических разломов, находящихся в условиях сдвига.

Зону разлома для медленных движений в первом приближении можно рассматривать как некоторую жидкость большой вязкости. Для быстрых процессов разлом представляет собой твердое тело с пониженной прочностью, о чем свидетельствует характер прохождения через него сейсмических волн.

В качестве простейшей модели, учитывающей и вязкие, и упругие свойства заполняющей разлом породы может быть выбрана модель вязкоупругого тела. Для медленных процессов при постоянных фоновых напряжениях можно считать заполняющий разлом материал ньютоновской вязкой жидкостью, а для быстрых движений учитывать только свойства упругости.

1.3. Современные исследования динамических и квазистатических процессов в очаговых зонах земной коры

Вот уже несколько поколений ученых - механиков, сейсмологов, геофизиков изучают процессы в очаговых зонах землетрясений, но эта тема и по сей день остается недостаточно исследованной. Нестационарные процессы, предшествующие и сопровождающие разрушение блоков земной коры, разделенных разломами, в настоящее время активно изучаются [19–28]. Среди этих исследований выделяются теоретические исследования, лабораторные и полевые работы. Здесь приведены лишь некоторые из огромного числа исследований, посвященных динамическим и квазистатическим процессам в очаговых зонах земной коры.

Различные типы скольжения по разломам и излучение сейсмических волн исследовано в работе [29]. Обнаружены существенные различия в доле энергии деформирования, затраченной на сейсмическое излучение при землетрясениях и горных ударах. Величина приведенной сейсмической энергии (отношения величины излученной энергии к сейсмической энергии к сейсмическому моменту) изменяется в диапазоне $e \sim 10^{-7} - 10^{-3}$ при средней величине $e \sim 2 \times 10^{-5}$. Приведены данные лабораторных и численных экспериментов, в которых исследовались закономерности постепенного перехода от прерывистых подвижек к асейсмическому крипу по границе между блоками. Небольшие вариации вещественного состава магистральных зон разломов могут приводить к значительному изменению доли энергии, излучаемой при динамической разгрузке массива горных пород. В опытах воспроизведены режимы скольжения с различающимися на много порядков величинами приведенной кинетической энергии при довольно небольших отличиях в прочности контактов и амплитудах сброса напряжений. Во всех опытах имел место режим скоростного разупрочнения контакта, однако различные соотношения между жесткостью трещины и жесткостью нагружения обеспечили возможность реализации разных режимов деформирования. По результатам лабораторных экспериментов предлагают один из возможных механизмов, который в широких пределах регулирует долю энергии, излучаемой в результате подвижки по нарушению сплошности земной коры. Таким механизмом может оказаться радикальное снижение сдвиговой жесткости отдельных участков разломной зоны в результате иного (по сравнению с соседними участками или другими разломами) вещественного состава зоны магистрального сместителя, сублитостатического уровня порового давления флюида, ряда других механических, геологических и геохимических процессов. При этом возможность достаточно плавного изменения указанных характеристик во времени и пространстве указывает на то, что предположение о единой природе всех режимов смещений по разломам, образующих перманентный ряд событий, скорее всего справедливо.

Модель разлома с двумя шероховатостями и волновым излучением исследована в работе [30]. Изучается динамика разлома, содержащего две шероховатости, оказывающие разное сопротивление при постоянной скорости деформации. Разлом моделируется дискретной динамической системой с двумя степенями свободы. Интенсивность упругих волн во время скольжения берется пропорциональной скорости скольжения. Получено аналитическое решение динамической системы, позволяющее оценить сейсмический момент. Вычисляется эффективность высвобождаемой сейсмической энергии.

Концепция блоковой геосреды применительно к геодинамическому процессу развивается в работе [31]. Показано, что в блоковой вращающейся и передвигающейся вдоль поверхности Земли геосреде генерируется упругое поле с моментом силы, которое действует на блоки через их поверхности. Такие свойства упругого поля являются следствием закона сохранения

момента количества движения. Движение блока во вращающейся системе координат механически эквивалентно движению блока в невращающейся (инерциальной) системе координат под действием собственного момента силы (спина), который в окружающем блок пространстве создает упругое поле с моментом силы. Такие напряжения в геосреде накапливаются, что и может объяснить ее известное свойство – энергонасыщенность.

Сейсмичность в зонах разломов, наведенная закачкой флюидов, с учетом пороупругих напряжений исследована в работе [32]. Построена математическая модель возбуждения землетрясений в зонах разломов фундамента, перекрытого осадочными породами. Учитывается проницаемость зон разломов и гидравлическая связь между соседними разломами. Рассчитаны пространственно-временные распределения напряжений Кулона, сдвиговых и нормальных напряжений, а также порового давления. Показано, что в низкопроницаемых зонах пороупругие напряжения могут передаваться в фундамент и, соответственно, вызвать локальные разрывы.

Численное моделирование областей реверсных смещений во время прерывистых разрывов для эшелонированных разломов проводилось в работе [33]. Эволюция горизонтальных перемещений вершин во внутренней стороне разрыва моделируется численно с использованием программы Flac-3D. Результат указывает, что имеют место инверсии смещений на разрывах, при этом обратные смещения сильно различаются для различных эшелонов разрывов

В работе [34] исследовано взаимодействие воды с горными породами в зонах сейсмически активных разломов. Представлен геохимический анализ горных пород, отобранных из зоны разлома, сложенной преимущественно гранитами. Описаны глубинные распределения дислокаций горных пород по скважинным данным. Геохимический анализ показал существенную роль подземных вод в геологической истории массива.

Электромагнитное излучение в районах тектонических нарушений имеют отражение в наземных наблюдениях и материалах дистанционного зондирования Земли [35]. В процессах взаимодействия геосфер значительную роль играют разломные структуры земной коры разных рангов. Особенности их строения и свойства определяют не только глубинную дегазацию и повышенную релаксацию горных пород, но и условия для формирования источников электромагнитных сигналов и обмен энергией между геофизическими полями разной природы. В результате изучения зон активных глубинных разломов, установлено, что некоторые из них являются генераторами потоков ионизированных частиц и низкочастотного электромагнитного излучения. Мощность этих линейных полей бывает настолько велика, что в относительно спокойном атмосферном режиме они экранируют прохождение кучевых облаков и над ними происходит размывание покрова сплошных облачных масс.

Как следует из приведенного обзора, теоретические и прикладные исследования нестационарных процессов в очаговых зонах литосферы являются актуальными и активно развиваются, в том числе с использованием геоинформационных спутниковых технологий.

2. Воздействие сейсмических волн из очага на участок земной коры в зависимости от его расположения относительно магистрального разрыва

В данном разделе исследованы нестационарные процессы в предварительно напряженной среде при внезапном возникновении разрыва, используя аналитическое решение Кима А.С. [36-38] для динамической модели очага землетрясения. Исследовано воздействие

сейсмической волны на участок в зависимости от его расположения относительно магистрального разрыва. Изучено воздействие сейсмической волны на участок вдоль прямой линии, которую в первом приближении можно рассматривать как земную поверхность. Используя суммарное поле в первичной волне для конечного разрыва [39], получено поле смещений в зоне конечного разрыва для первых вступлений сейсмических волн. Численные расчеты и визуализация проведены на основе динамической модели очага, позволяющей учитывать диссипацию энергии в очаге, когда на разрыве происходит не полный, а частичный сброс напряжений, зависящий от вязкого взаимодействия его берегов.

Общий случай исследования нестационарных процессов, возникающих в напряженной среде при внезапном возникновении магистрального разрыва с вязким контактом берегов, проводится на основе аналитического решения [36]

$$\frac{\partial^2 w(r, \theta, t; \eta)}{\partial t^2} = \Delta_{\text{ц}}(r, \theta, t; \eta) + \Delta_{\text{пл}}(r, \theta, t; \eta) \quad (1)$$

$$\Delta_{\text{ц}}(r, \theta, t; \eta) = \frac{1}{\pi} \frac{q}{1 + 2\eta} \frac{H(t - r)}{\sqrt{t^2 - r^2}} \operatorname{Re}\{tg\zeta_0 e^{-g(\zeta_0)}\} \quad (2)$$

$$\Delta_{\text{пл}}(r, \theta, t; \eta) = \frac{q}{1 + 2\eta} \delta(t - r \sin \theta) H\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right) \quad (3)$$

$$0 < r < \infty, \quad 0 < \theta < \pi, \quad -\infty < t < \infty, \quad 0 < \eta < \infty \quad (4)$$

$$g(\zeta_0) = \frac{1}{\pi} \int_{\frac{\pi}{2}}^{\zeta_0} \frac{\left[\eta\zeta - \frac{1}{2} \arccos(-v) \sin \zeta\right]}{v + \cos \zeta} d\zeta - \frac{1}{\pi} \int_{\frac{\pi}{2}}^{\zeta_0} \frac{\left[\eta\zeta - \frac{1}{2} \arccos v \sin \zeta\right]}{v - \cos \zeta} d\zeta \quad (5)$$

$$\zeta_0 = \theta + i\xi_0, \quad \xi_0 = \ln \frac{t + \sqrt{t^2 - r^2}}{r}, \quad i = \sqrt{-1}, \quad v = \sqrt{1 - 4\eta^2}, \quad H(\xi) = \begin{cases} 1, & \xi > 0 \\ \frac{1}{2}, & \xi = 0 \\ 0, & \xi < 0 \end{cases} \quad (6)$$

где $\delta(\xi)$ – дельта-функция Дирака.

При $\eta > 1/2$ удобнее пользоваться следующей эквивалентной формой записи функции $g(\zeta_0)$

$$g(\zeta_0) = \frac{1}{\pi} \int_{\frac{\pi}{2}}^{\zeta_0} \frac{\left[\eta\zeta - \frac{\pi}{4} \sin \zeta - \frac{ih}{2} \sin \zeta\right]}{id + \cos \zeta} d\zeta - \frac{1}{\pi} \int_{\frac{\pi}{2}}^{\zeta_0} \frac{\left[\eta\zeta - \frac{\pi}{4} \sin \zeta + \frac{ih}{2} \sin \zeta\right]}{id - \cos \zeta} d\zeta \quad (7)$$

$$d = \sqrt{4\eta^2 - 1}, \quad v = -id, \quad h = \ln(d + 2\eta)$$

Размерные величины связаны с безразмерными следующими соотношениями

$$w_p = w_s^p + w_d^p; \quad w_s^p = \frac{q_p y_p}{\mu}; \quad q_p = \mu q, \quad \eta_p = \frac{\mu \eta}{b}; \quad t_p = \frac{L t}{b};$$

$$(x_p, y_p, w_d^p) = L(x, y, w); \quad x = r \cos \theta, \quad y = r \sin \theta, \quad (8)$$

где μ – модуль сдвига, b – скорость поперечных волн, L – масштабный коэффициент.

Формулы (1)–(3) дают решение задачи о нестационарных процессах в напряженной среде при внезапном возникновении полубесконечного разрыва во всем диапазоне изменения параметров: $0 < r < \infty$, $0 < \theta < \pi$, $-\infty < t < \infty$, $0 < \eta < \infty$.

2.1. Нормированное ускорение для визуализации графиков воздействия сейсмических волн на исследуемые участки

В формуле для ускорения необходимо визуализировать фронт плоской волны сильного разрыва

$$\frac{\partial^2 w_{пл}}{\partial t^2} = \frac{q}{1 + 2\eta} \cdot \delta(t - y) \cdot H(-x) = \frac{q}{1 + 2\eta} \delta(t - r \sin \theta) H\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right) \quad (10)$$

Для этого использован сглаженный вариант дельта-функции

$$\delta_\varepsilon(t - y) = \begin{cases} C_\varepsilon \cdot \frac{1}{\varepsilon} \cdot e^{-\frac{\varepsilon^2}{\varepsilon^2 - (t-y)^2}}, & \text{при } |t - y| \leq \varepsilon \\ 0, & \text{при } |t - y| > \varepsilon, \end{cases} \quad (11)$$

где C_ε определяется из условия

$$\int_{-\varepsilon}^{\varepsilon} \delta_\varepsilon(\omega) d\omega = 1, \quad C_\varepsilon = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\int_0^1 e^{-\frac{1}{1-\xi^2}} d\xi} \quad (12)$$

В качестве ε берется $\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot y$, где $0 < \varepsilon_1 \ll 1$

$$\left(\frac{\partial^2 w_{пл}}{\partial t^2} \right)_{\text{норм}} = \frac{q}{1 + 2\eta} \cdot \delta_\varepsilon(t - y) H\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right). \quad (13)$$

Нормированное ускорение для цилиндрической части волны определится по формуле

$$\left(\frac{\partial^2 w_{\text{ц}}}{\partial t^2}\right)_{\text{норм}} = \begin{cases} \frac{\partial^2 w_{\text{ц}}}{\partial t^2}, & \text{если } t - r > \delta \\ C_{\delta} \cdot \sqrt{\frac{t-r}{\delta}} \cdot \frac{\partial^2 w_{\text{ц}}}{\partial t^2}, & \text{если } 0 \leq t - r \leq \delta \\ 0, & \text{если } t - r < 0, \end{cases} \quad (14)$$

где C_{δ} выберем из условия

$$\int_r^{r+\delta} C_{\delta} \cdot \sqrt{\frac{t-r}{\delta}} \cdot \frac{\partial^2 w_{\text{ц}}}{\partial t^2} dt \cong \int_r^{r+\delta} \frac{\partial^2 w_{\text{ц}}}{\partial t^2} dt \quad (15)$$

В качестве δ взято $\delta = \delta_1 \cdot r$, где $0 < \delta_1 \ll 1$.

Все расчеты проведены в безразмерной форме. Значения параметров выбраны в системе СИ следующим образом:

$$[x_p] = \text{м}; [y_p] = \text{м}; [t_p] = \text{с}; [\mu] = \text{Па}; [\rho] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; [q_p] = \text{Па}; [\eta_p] = \frac{\text{Па} \cdot \text{с}}{\text{м}}; [b] = \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$b = 3,5 \cdot 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ – скорость поперечных волн; $L = 1 \text{ м}$ – масштабный коэффициент;

$\mu = 3,3 \cdot 10^{10} \text{ Па}$ – модуль сдвига; $\rho = 2,7 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ – средняя плотность земной коры;

$\eta_p = \frac{\eta_r}{h_r}$ – коэффициент эффективной вязкости на разрыве;

η_r – вязкость материала разрывной зоны ($\text{Па} \cdot \text{с}$); h_r – ширина разрывной зоны (м);

$q_p = 6 \cdot 10^6 \text{ Па}$ – сдвиговые напряжения в очаговой зоне;

$$\varepsilon_{yz} = \frac{q_p}{2\mu} = \frac{6 \cdot 10^6}{2 \cdot 3,3 \cdot 10^{10}} = 9 \cdot 10^{-5}; \quad q = \frac{q_p}{\mu} = \frac{6 \cdot 10^6}{3,3 \cdot 10^{10}} \cong 1,818 \cdot 10^{-4} \approx 1,8 \cdot 10^{-4}.$$

Представленные ниже рисунки даны в безразмерных единицах. Размерные величины связаны с безразмерными параметрами по формулам (8).

Для визуализации процессов воздействия сейсмических волн на исследуемые участки использованы язык программирования C++ и среда математического моделирования MATLAB. Численные алгоритмы реализованы в специальных программах, написанных на внутреннем языке программирования высокого уровня (M-code), а отображение результатов расчетов производилось вызовом функций графического пакета MATLAB'a непосредственно из программного кода.

2.2. Воздействие сейсмической волны на участок в зависимости от его расположения относительно разрыва

На рисунке 1 показано нормированное ускорение (сглаженная функция ускорения при условии сохранения импульса) при прохождении сейсмической волны через участок с координатами $x = -4000$, $y = 3000$ при различных коэффициентах вязкости на разрыве. Из этих рисунков видно, как через участок проходит вначале плоская волна ($t = 3000$), которая обладает наибольшим воздействием, а затем цилиндрическая волна ($t = 5000$).

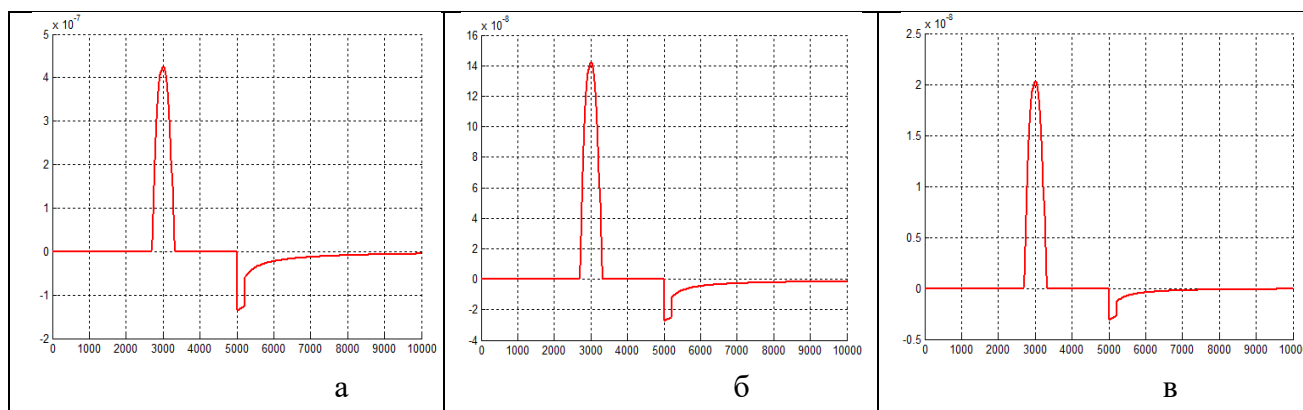


Рисунок 1 – График нормированного ускорения для участка с координатами (- 4000; 3000) при: а – $\eta=0$; б – $\eta=1$; в – $\eta=10$

На рисунке 2 показано нормированное ускорение (сглаженная функция ускорения при условии сохранения импульса) при прохождении сейсмической волны через участок с координатами $x = 4000$, $y = 3000$, подверженный воздействию только цилиндрической волны, при различных коэффициентах вязкости на разрыве.

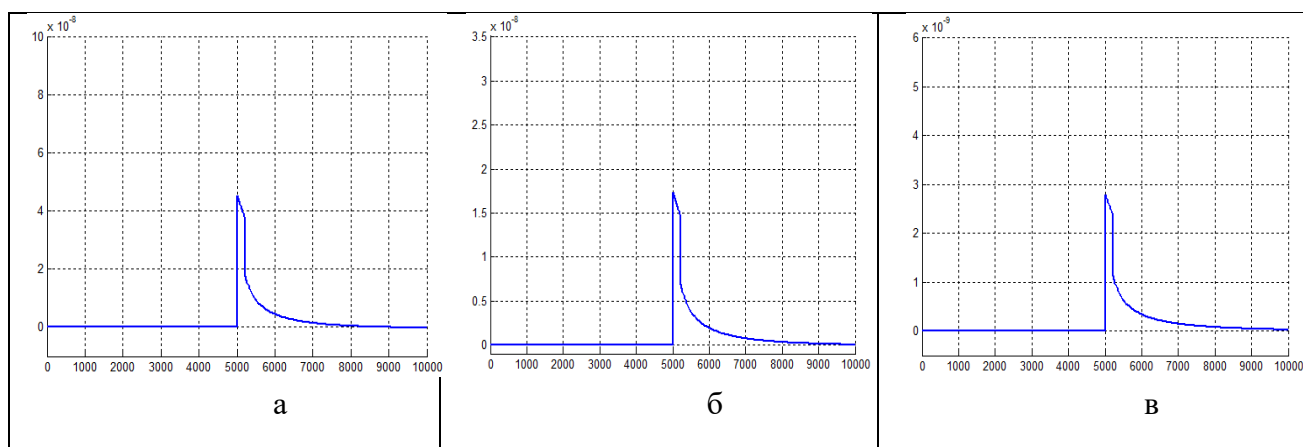


Рисунок 2 – График нормированного ускорения для участка с координатами (4000; 3000) при условиях: а – $\eta=0$; б – $\eta=1$; в – $\eta=10$

2.3. Воздействие сейсмической волны на участок вдоль прямой линии

На рисунках 3–11 показано нормированное ускорение при прохождении сейсмической волны через участок на прямой линии при $0 < x < 10000$, заданной уравнением

$$\frac{x}{10000} + \frac{y}{10000} = 1 \quad (16)$$

при различных коэффициентах вязкости на разрыве: при $\eta=0$ (рисунки 3-5); при $\eta=1$ (рисунки 6–8); при $\eta=10$ (рисунки 9–11). По вертикали отложена величина нормированного ускорения, а по горизонтали – время.

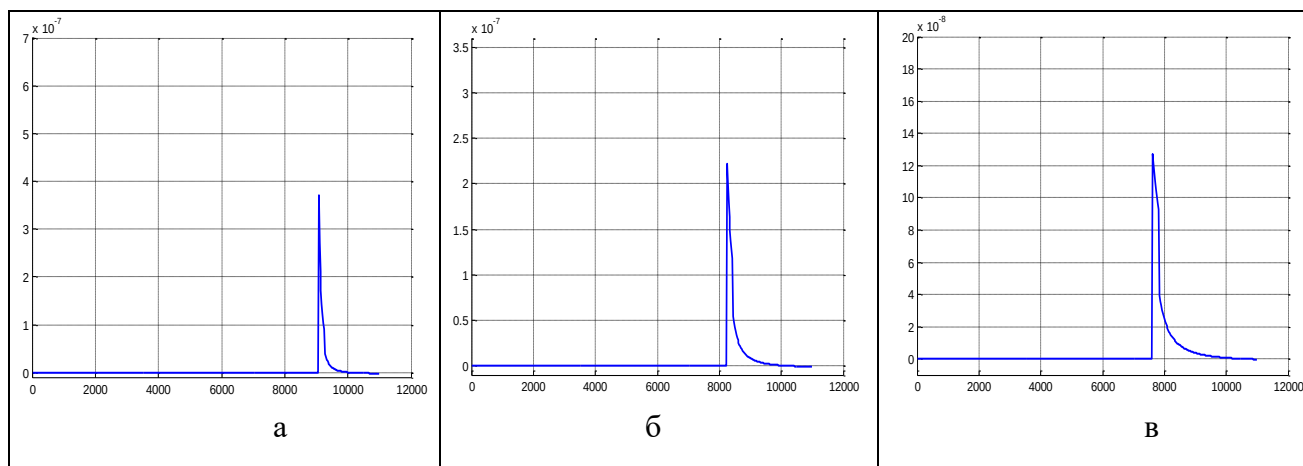


Рисунок 3 – Воздействие сейсмической волны при $\eta=0$ на участок: а – V_1 с координатами (1000, 9000); б – V_2 с координатами (2000, 8000); в – V_3 с координатами (3000, 7000)

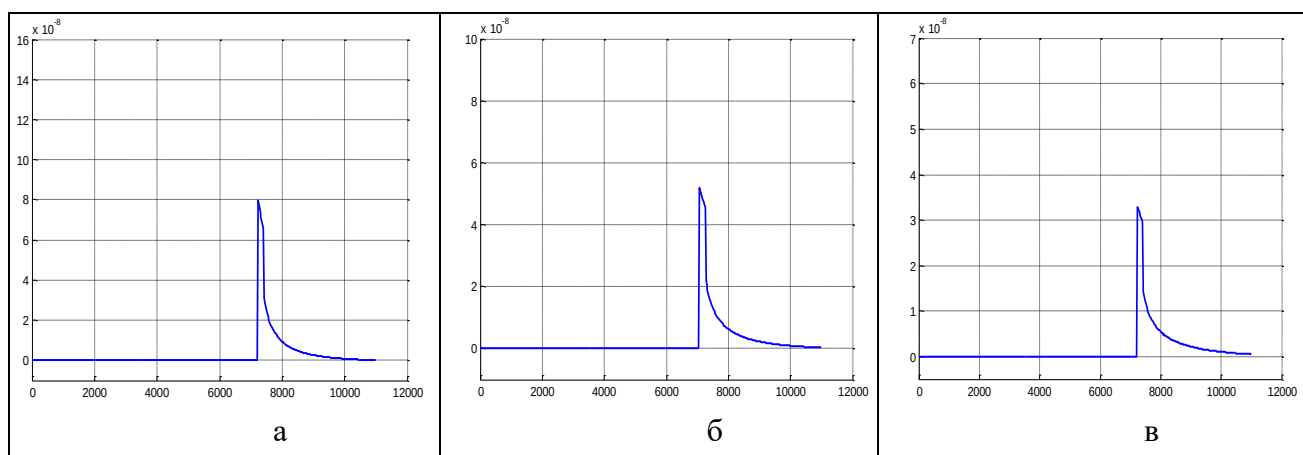


Рисунок 4 – Воздействие сейсмической волны при $\eta=0$ на участок: а – V_4 с координатами (4000, 6000); б – V_5 с координатами (5000, 5000); в – V_6 с координатами (6000, 4000)

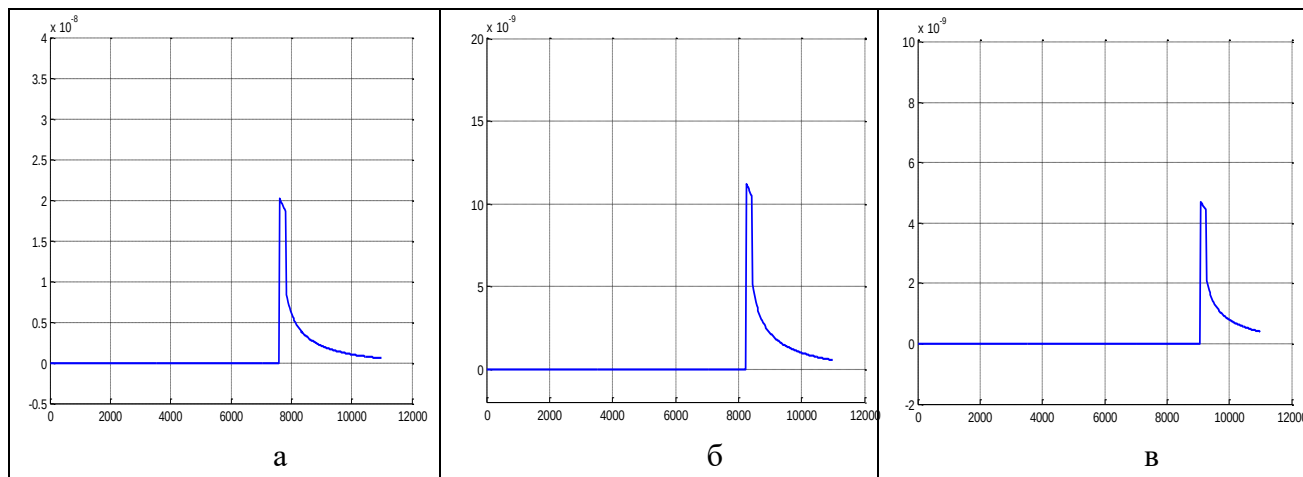


Рисунок 5 – Воздействие сейсмической волны при $\eta=0$ на участок: а – В₇ с координатами (7000, 3000); б – В₈ с координатами (8000, 2000); в – В₉ с координатами (9000, 1000)

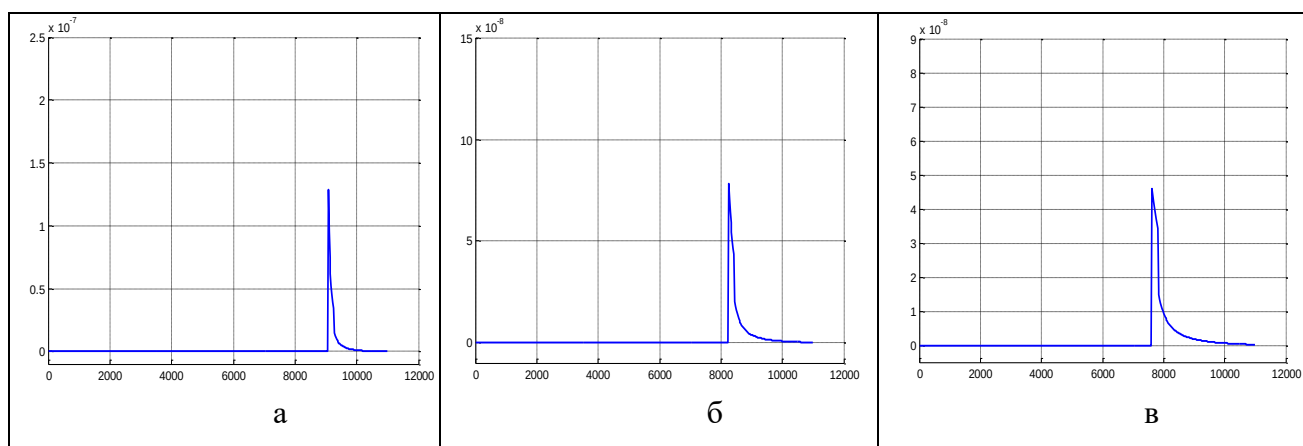


Рисунок 6 – Воздействие сейсмической волны при $\eta=1$ на участок: а – В_{1с} координатами (1000, 9000); б – В_{2с} координатами (2000, 8000); в – В_{3с} координатами (3000, 7000)

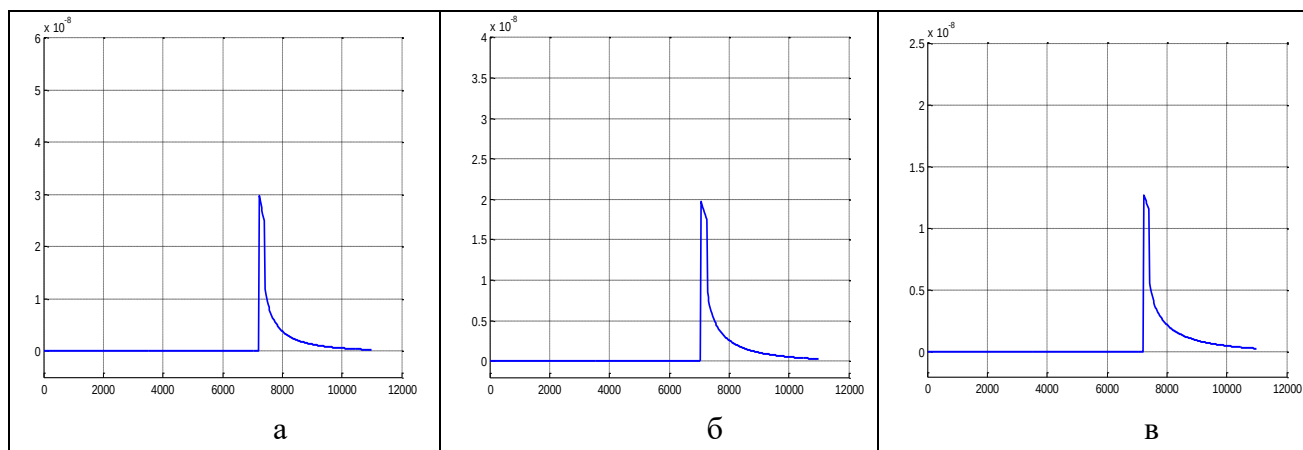


Рисунок 7 – Воздействие сейсмической волны при $\eta=1$ на участок: а – В_{4с} координатами (4000, 6000); б – В_{5с} с координатами (5000, 5000); в – В_{6с} с координатами (6000, 4000)

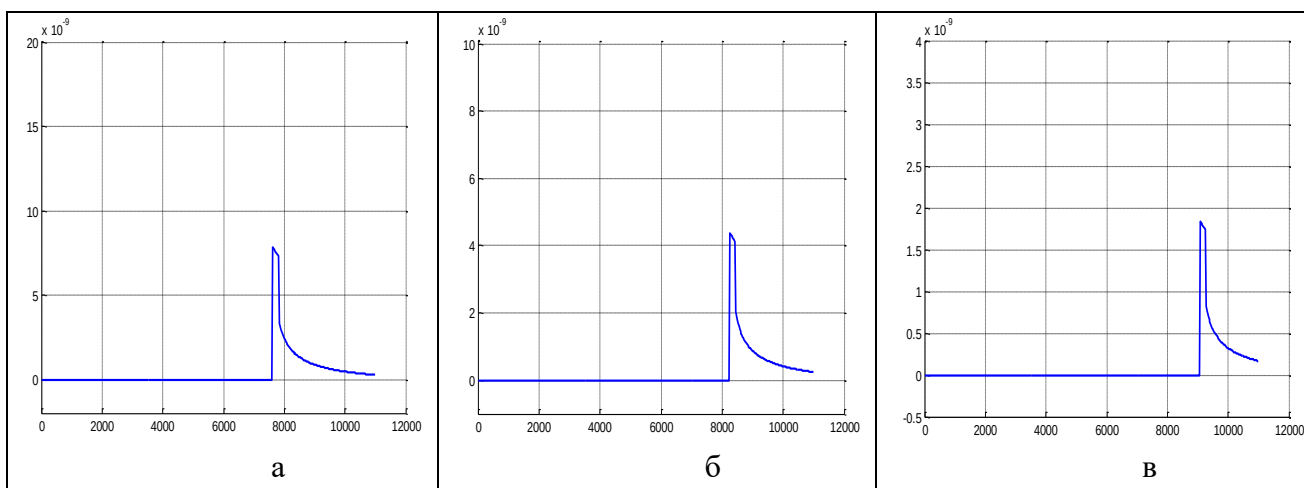


Рисунок 8– Воздействие сейсмической волны при $\eta=1$ на участок: а – V_7 с координатами (7000, 3000); б – V_8 с координатами (8000, 2000); в – V_9 с координатами (9000, 1000)

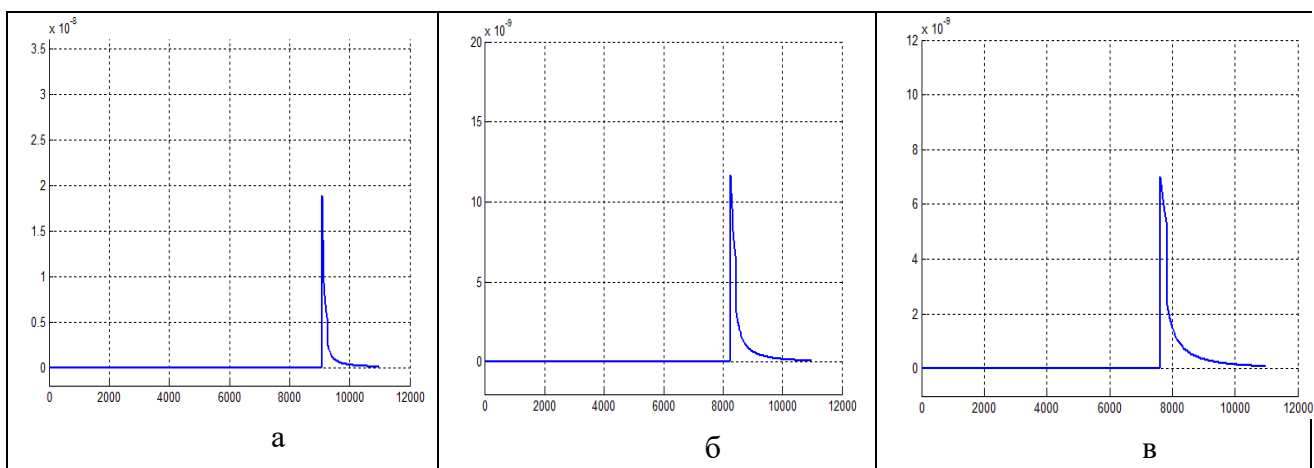


Рисунок 9 – Воздействие сейсмической волны при $\eta=10$ на участок: а – V_1 с координатами (1000, 9000); б – V_2 с координатами (2000, 8000); в – V_3 с координатами (3000, 7000)

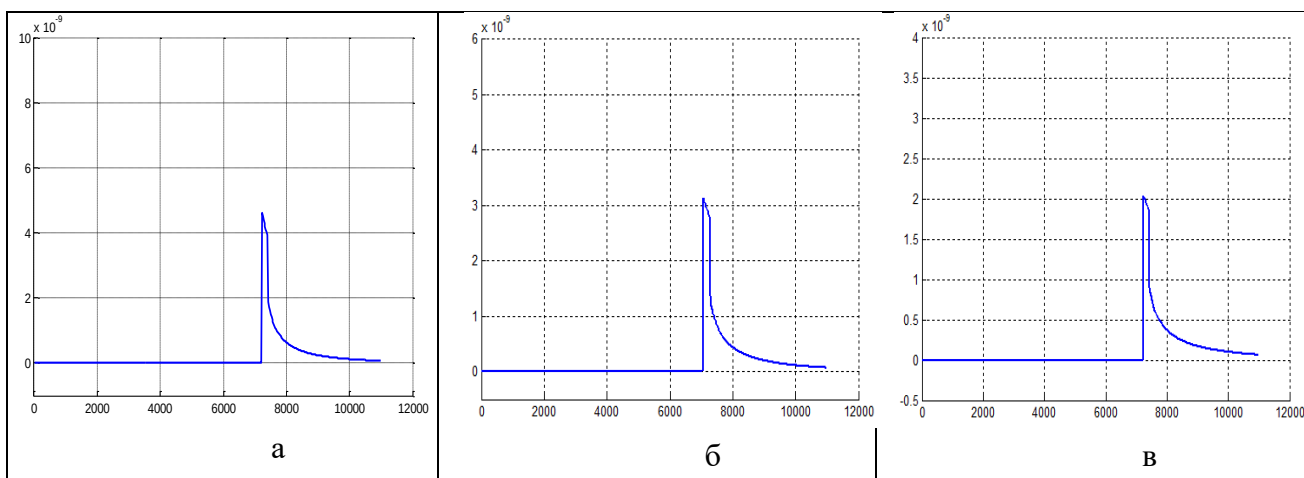


Рисунок 10 – Воздействие сейсмической волны при $\eta=10$ на участок: а – V_4 с координатами (4000, 6000); б – V_5 с координатами (5000, 5000); в – V_6 с координатами (6000, 4000)

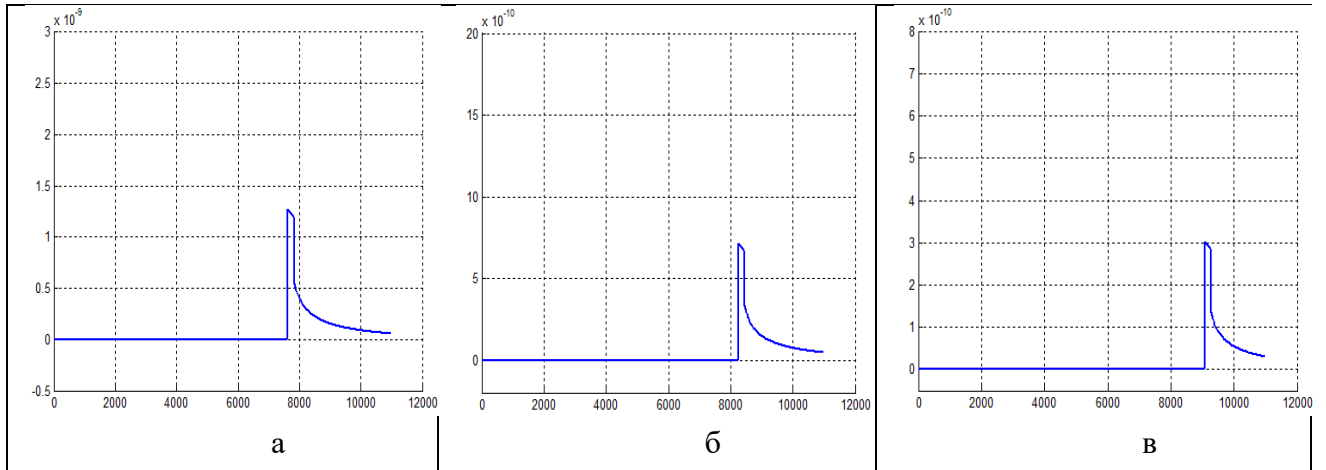


Рисунок 11 – Воздействие сейсмической волны при $\eta=10$ на участок: а – В₇ с координатами (7000, 3000); б – В₈ с координатами (8000, 2000); в – В₉ с координатами (9000, 1000)

2.4. Поле смещений в зоне конечного разрыва для первых вступлений сейсмических волн

В сейсмологии наиболее информативными являются первые вступления сейсмических волн, которые несут в себе наименьшее количество помех и отраженных волн. На основании первых вступлений сейсмических волн определяют механизм в очаге землетрясения и его параметры. Далее приведены результаты численного эксперимента для первых вступлений сейсмических волн, когда учитываются цилиндрические волны от обоих концов разрыва.

В момент времени $0 < t < 1$ суммарное поле перемещений состоит из трех слагаемых: цилиндрической волны от левого края разрыва $w^1(-x-1, y, t)$, цилиндрической волны от правого края разрыва $w^1(x, y, t)$ и плоской волны $w_0(x, y, t)$, отходящей от плоскости разрыва $y = 0$, $-1 < x < 0$ в момент его возникновения [39]. Цилиндрическая волна $w^1(x, y, t)$ задается формулой (2)

$$w(x, y, t) = w^1(x, y, t) + w^1(-x-1, y, t) + w_0(x, y, t) \quad (17)$$

$$w_0 = \frac{q}{1+2\eta}(t-y)H(t-y)H(-x)H(1+x), \quad (18)$$

Все рисунки представлены в безразмерной форме, размерные величины связаны с безразмерными параметрами соотношениями (8), где L – длина разрыва. По вертикальной оси заданы приведенные к безразмерной форме смещения, а по горизонтальным осям – безразмерные координаты. На рисунках 12–29 представлены смещения на разрыве и в его окрестности в зависимости от времени и расположения рассматриваемого участка при заданном коэффициенте контактного взаимодействия на разрыве: при $\eta=0$ (рисунки 12–16); при $\eta=1$ (рисунки 17–21); при $\eta=10$ (рисунки 22–26).

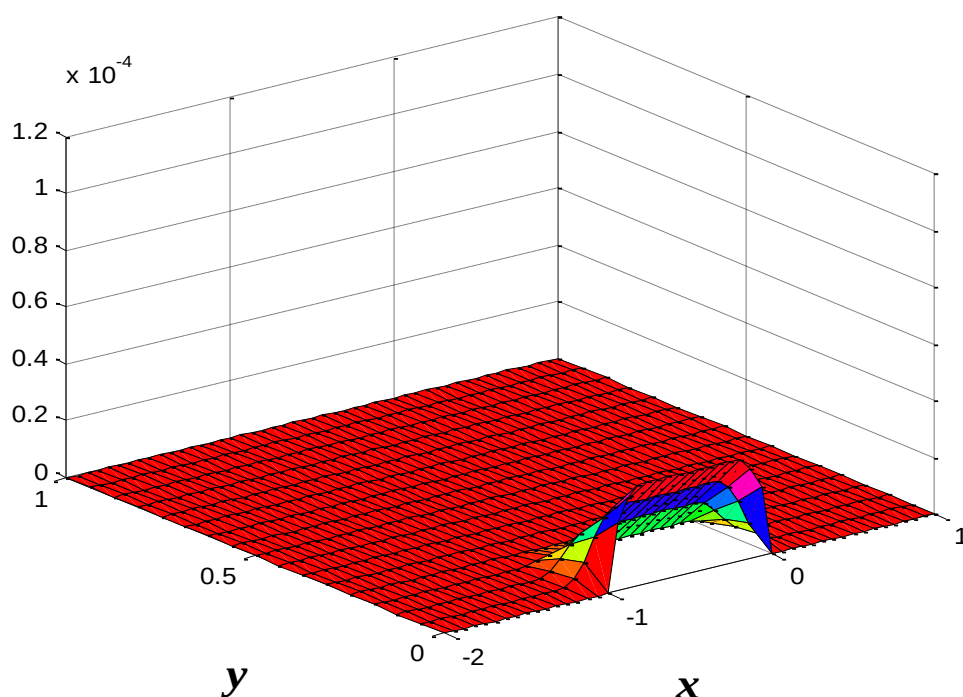


Рисунок 12 – Смещение в области $-2 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ при $\eta = 0$ для $t = 0.2$

На рисунках 27–29 представлены смещения на самом разрыве, сгруппированные в зависимости от времени при заданных коэффициентах вязкости: для свободных от напряжений берегов разрыва $\eta=0$ (рисунок 27); для коэффициента вязкости $\eta=1$ (рисунок 28); для коэффициента вязкости $\eta=10$ (рисунок 29).

Как следует из результатов численного анализа, представленных на рисунках 12–26 и рисунках 27–29, действительно влияние концов разрыва на смещения его берегов происходит с некоторым запозданием, что подтверждает теоретические выводы [36] о наличии временного промежутка, в течение которого влиянием концов разрыва на движение берегов рассматриваемого участка разрыва можно пренебречь. Причем этот промежуток времени запаздывания влияния концов растет с увеличением вязкости на разрыве.

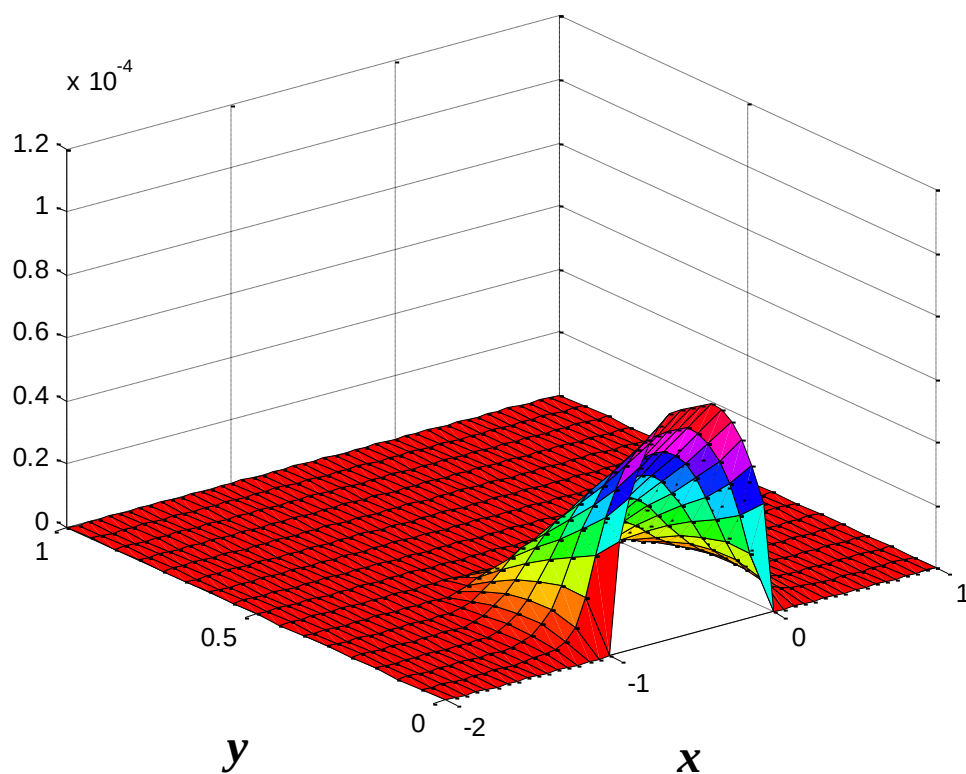


Рисунок 13 – Смещение в области $-2 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ при $\eta = 0$ для $t = 0.4$

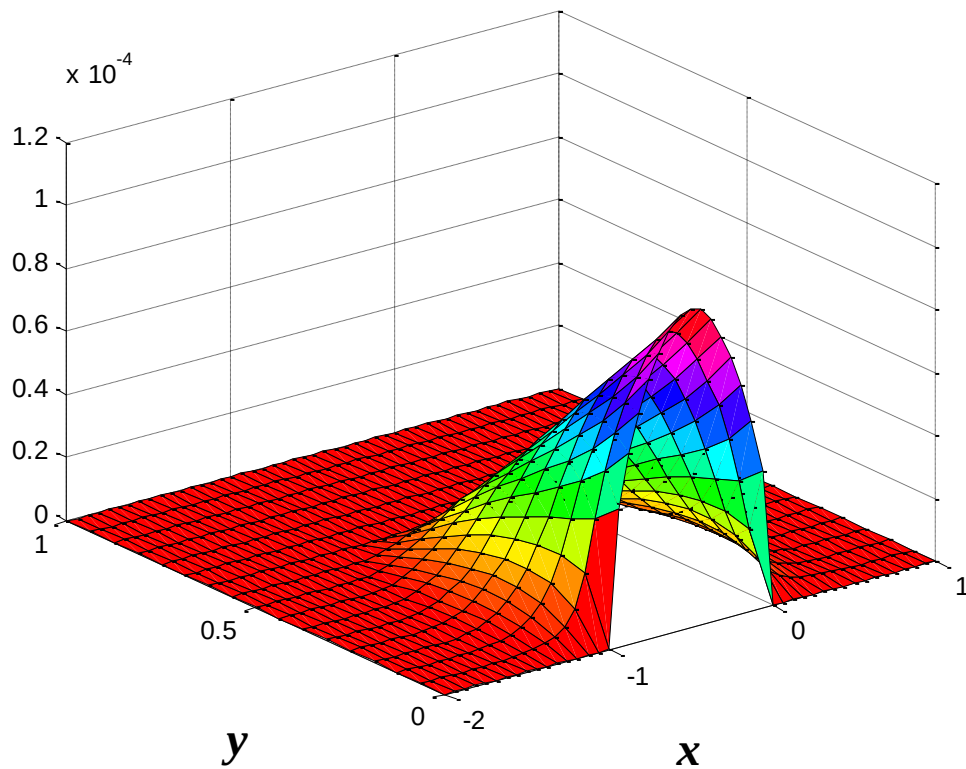


Рисунок 14 – Смещение в области $-2 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ при $\eta = 0$ для $t = 0.6$

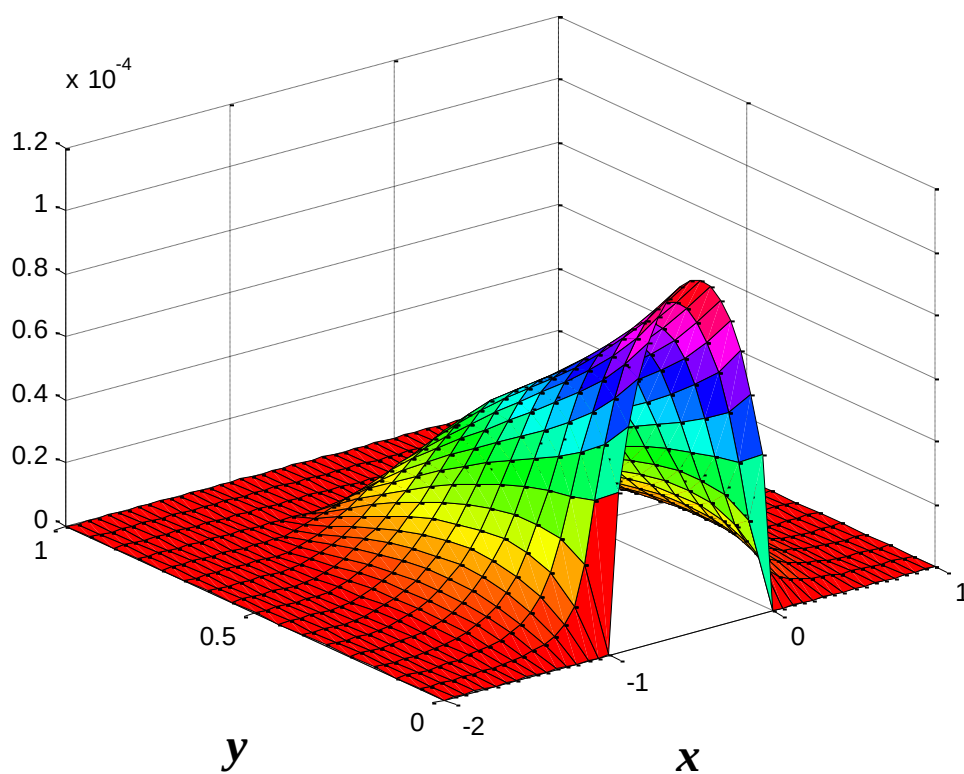


Рисунок 15 – Смещение в области $-2 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ при $\eta = 0$ для $t = 0.8$

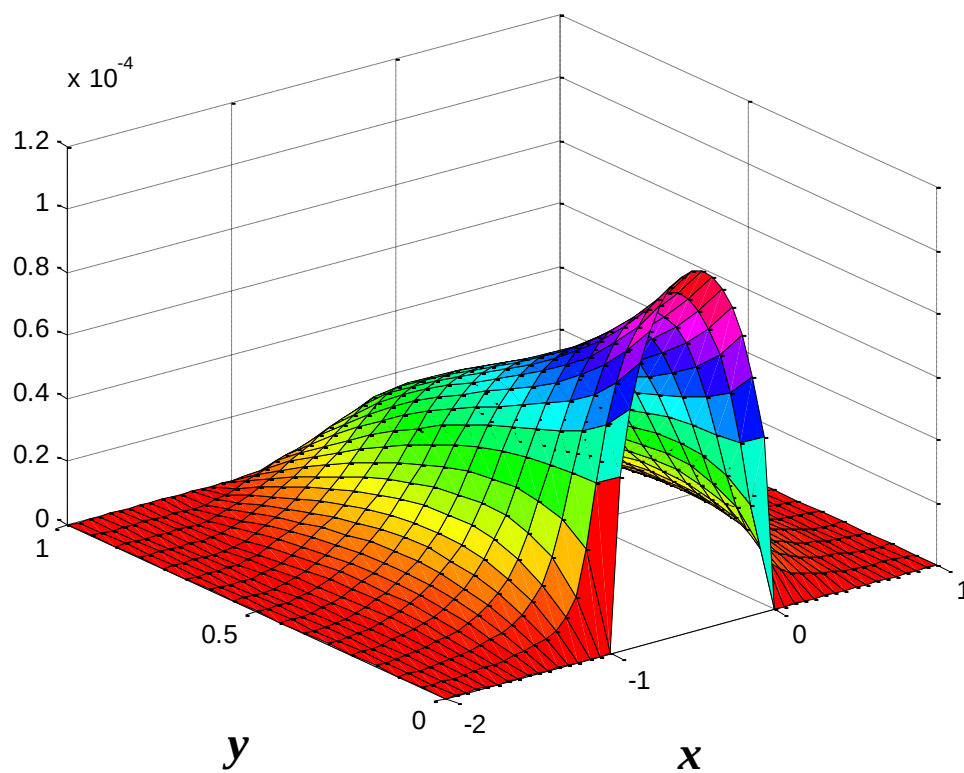


Рисунок 16 – Смещение в области $-2 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ при $\eta = 0$ для $t = 1.0$

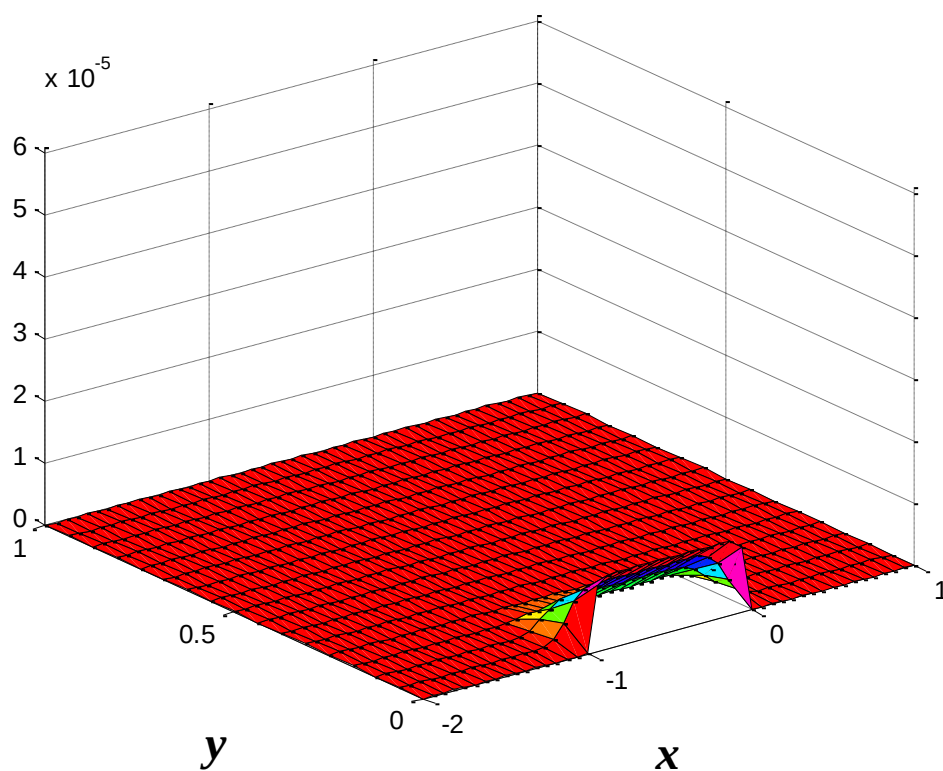


Рисунок 17 – Смещение в области $-2 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ при $\eta = 1$ для $t = 0.2$

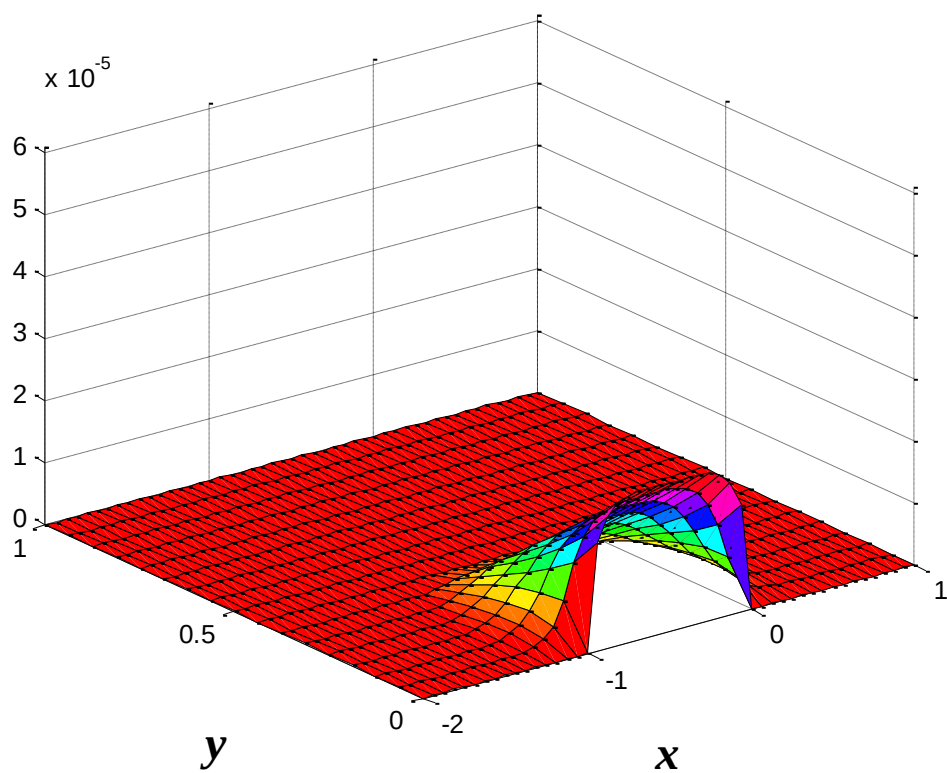


Рисунок 18 – Смещение в области $-2 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ при $\eta = 1$ для $t = 0.4$

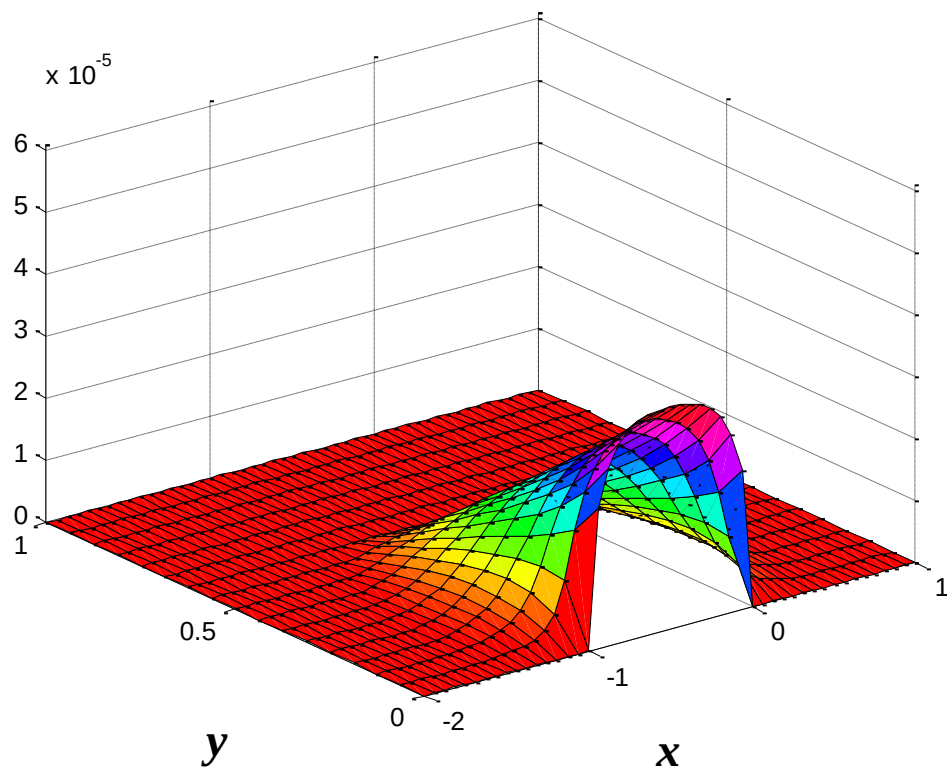


Рисунок 19 – Смещение в области $-2 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ при $\eta = 1$ для $t = 0.6$

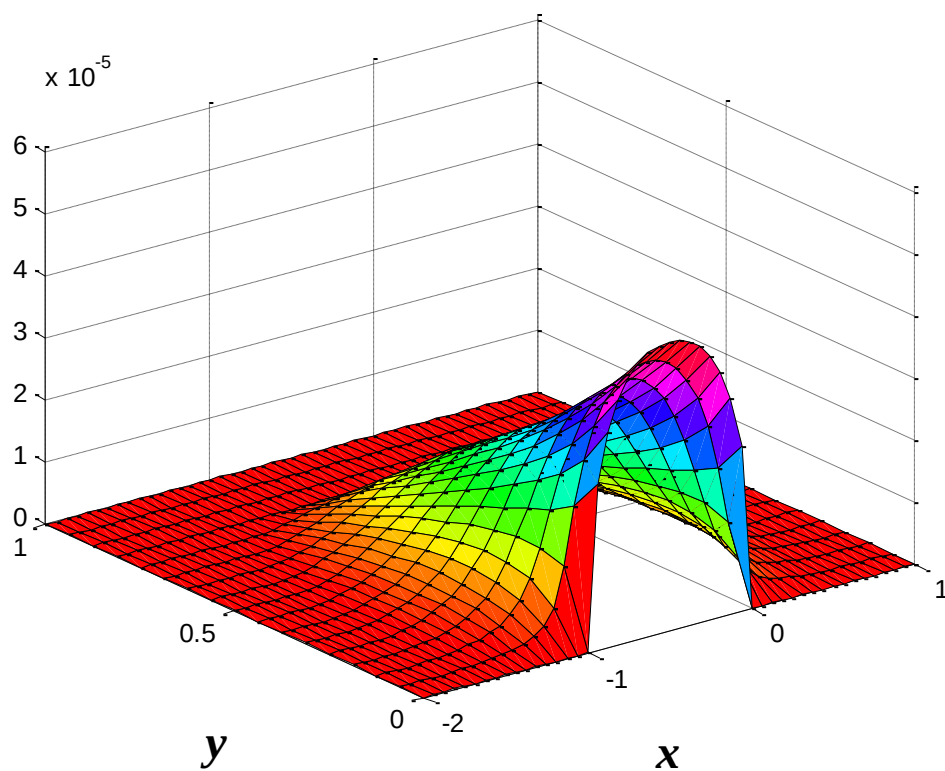


Рисунок 20 – Смещение в области $-2 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ при $\eta = 1$ для $t = 0.8$

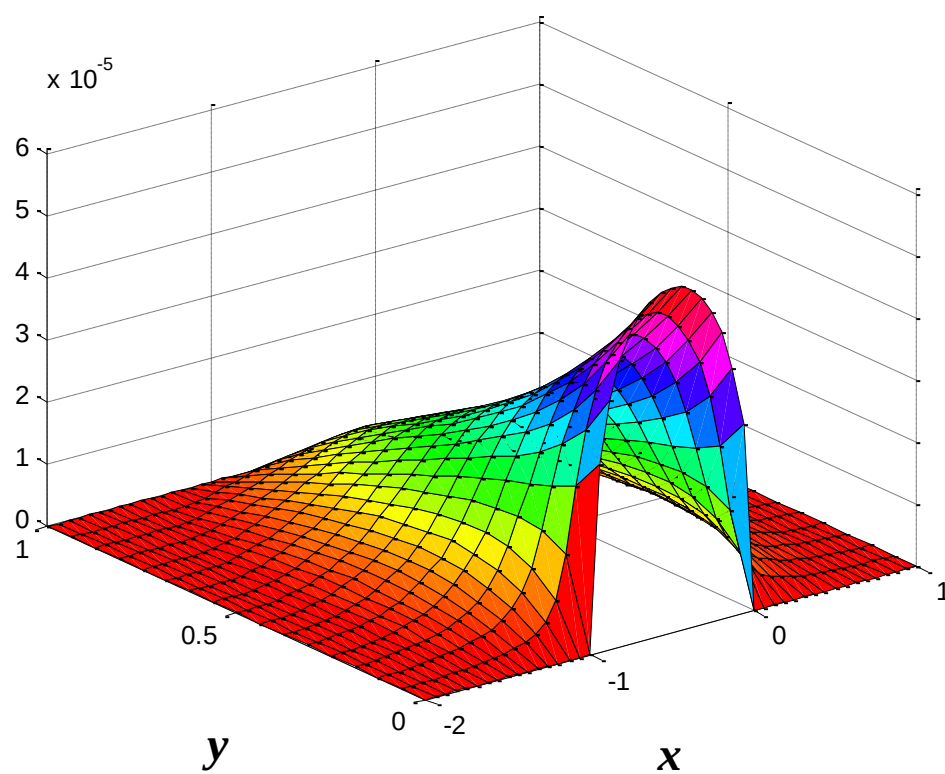


Рисунок 21 – Смещение в области $-2 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ при $\eta = 1$ для $t = 1.0$

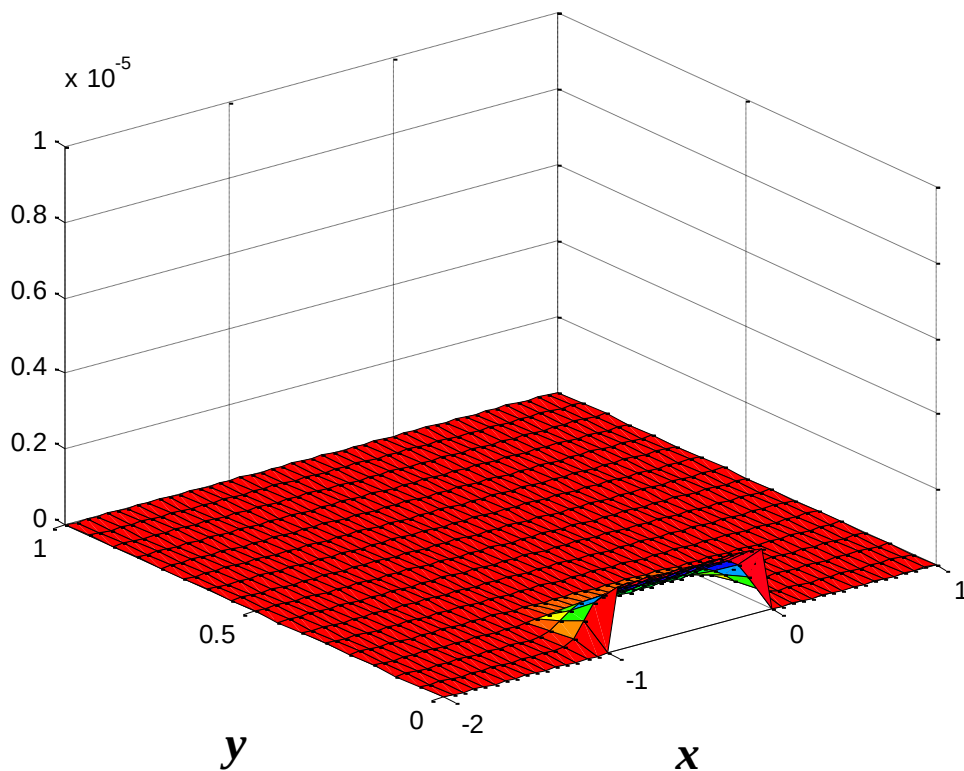


Рисунок 22 – Смещение в области $-2 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ при $\eta = 10$ для $t = 0.2$

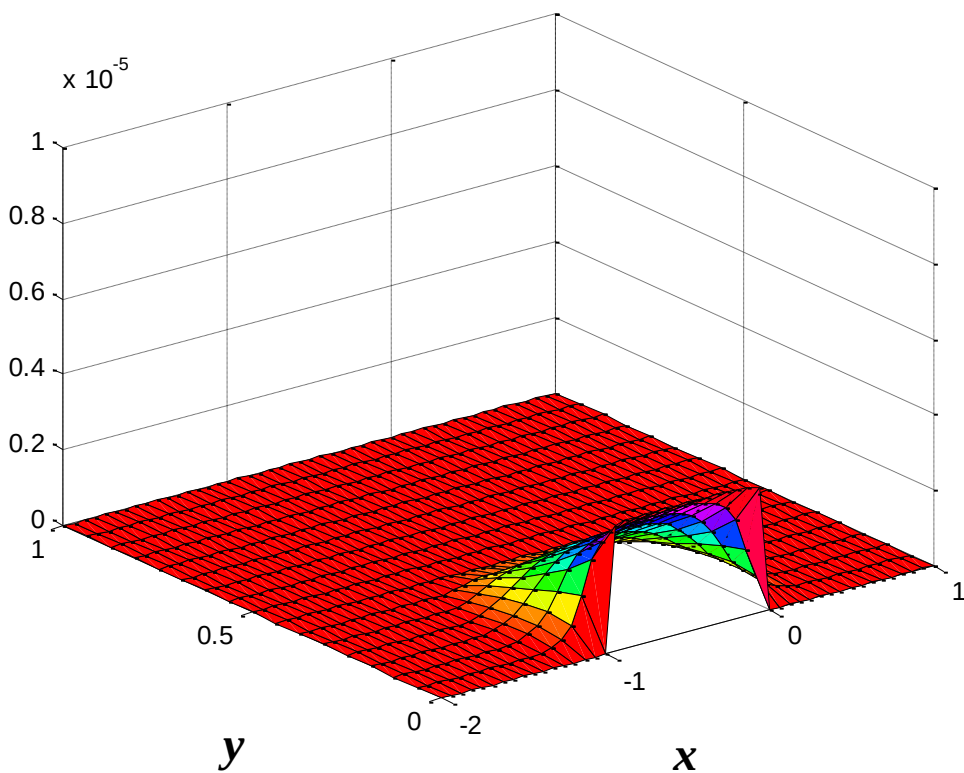


Рисунок 23 – Смещение в области $-2 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ при $\eta = 10$ для $t = 0.4$

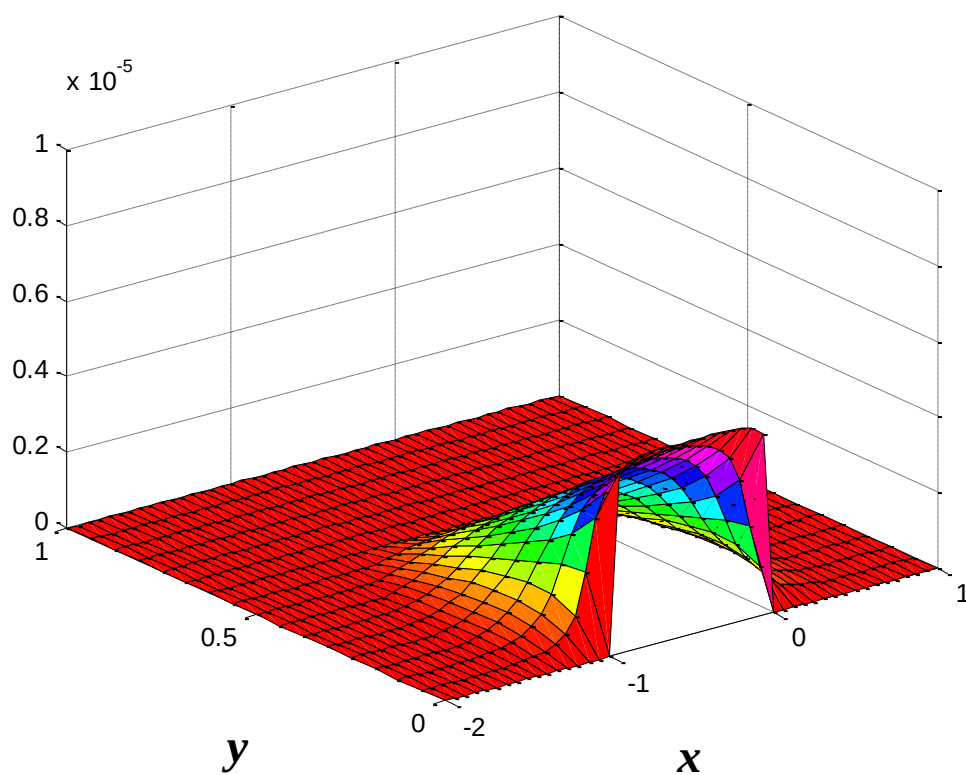


Рисунок 24 – Смещение в области $-2 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ при $\eta = 10$ для $t = 0.6$

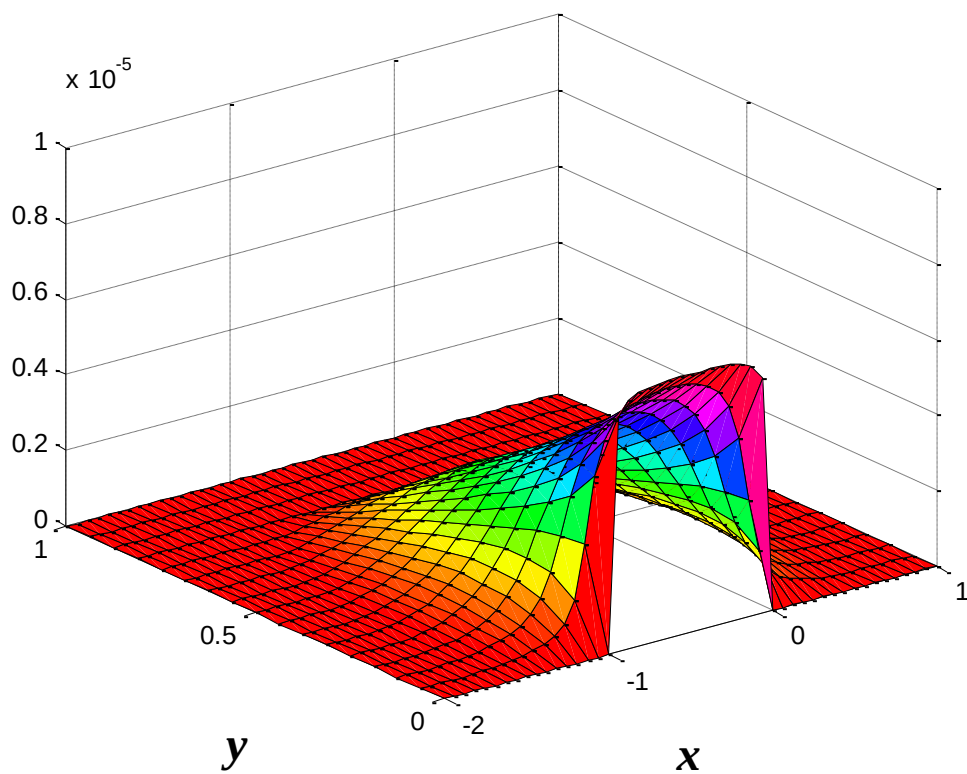


Рисунок 25 – Смещение в области $-2 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ при $\eta = 10$ для $t = 0.8$

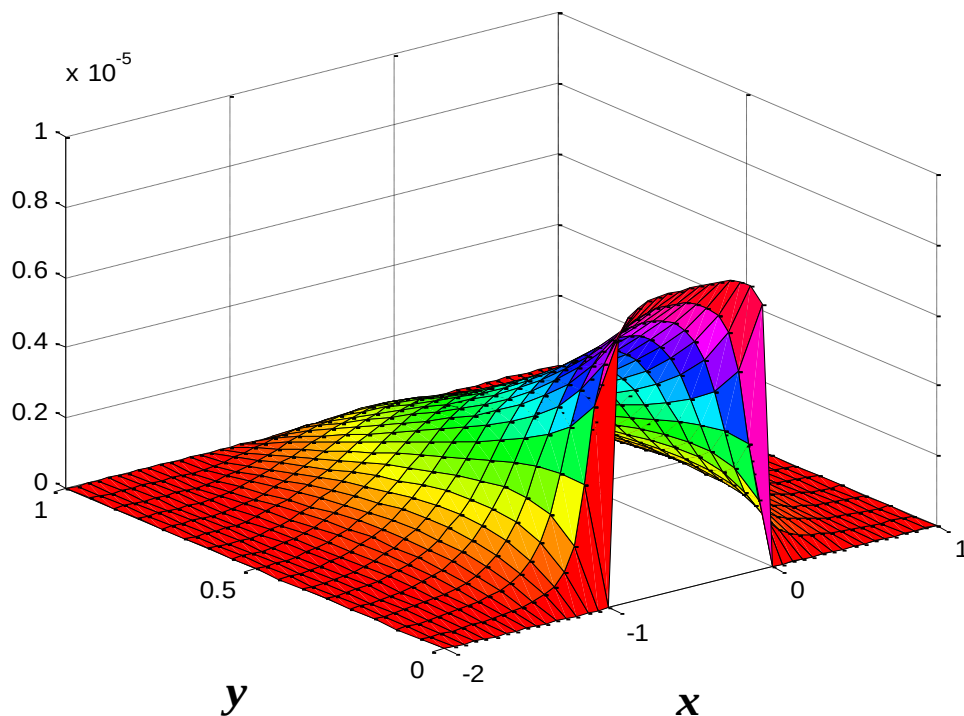


Рисунок 26 – Смещение в области $-2 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ при $\eta = 10$ для $t = 1.0$

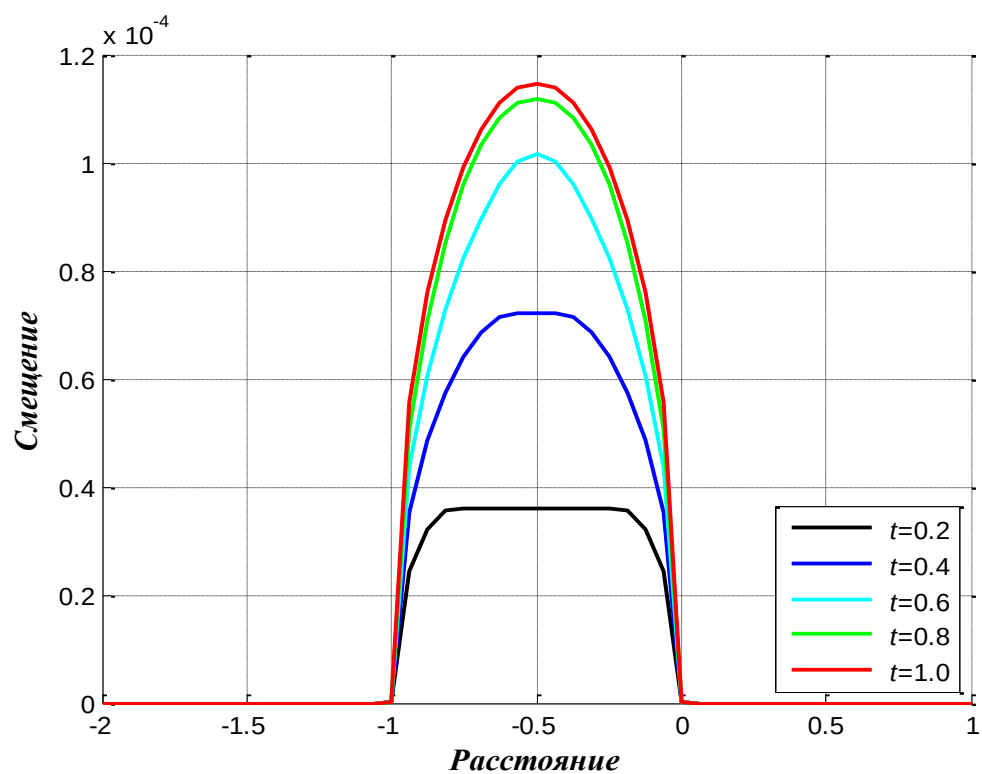


Рисунок 27 – Смещение на линии $y = 0$ при $\eta = 0$

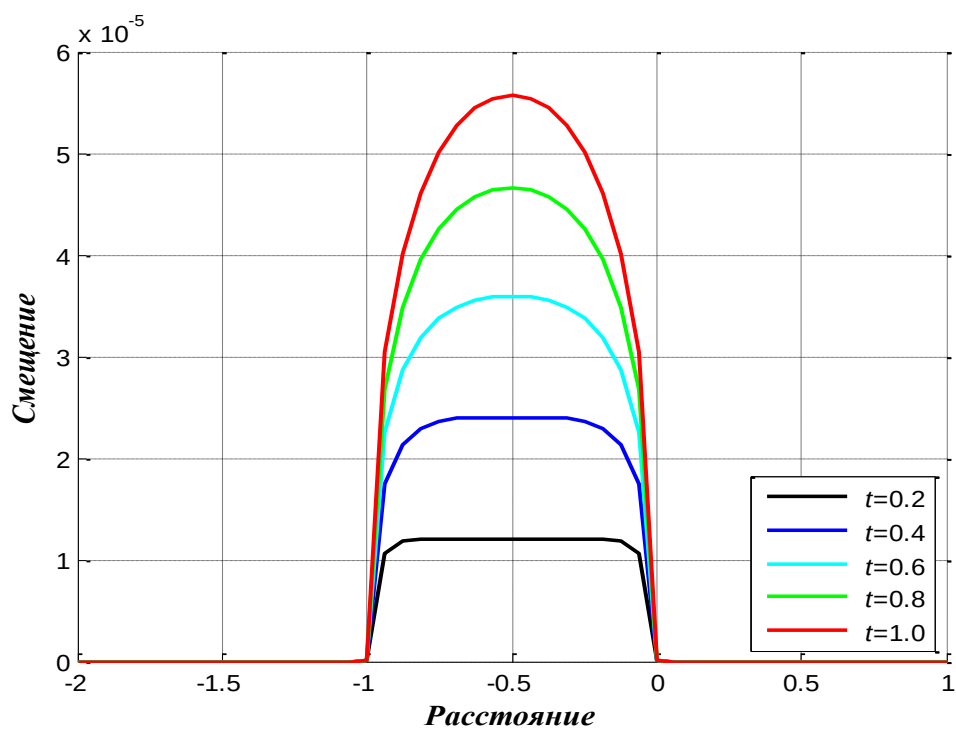


Рисунок 28 – Смещение на линии $y = 0$ при $\eta = 1$

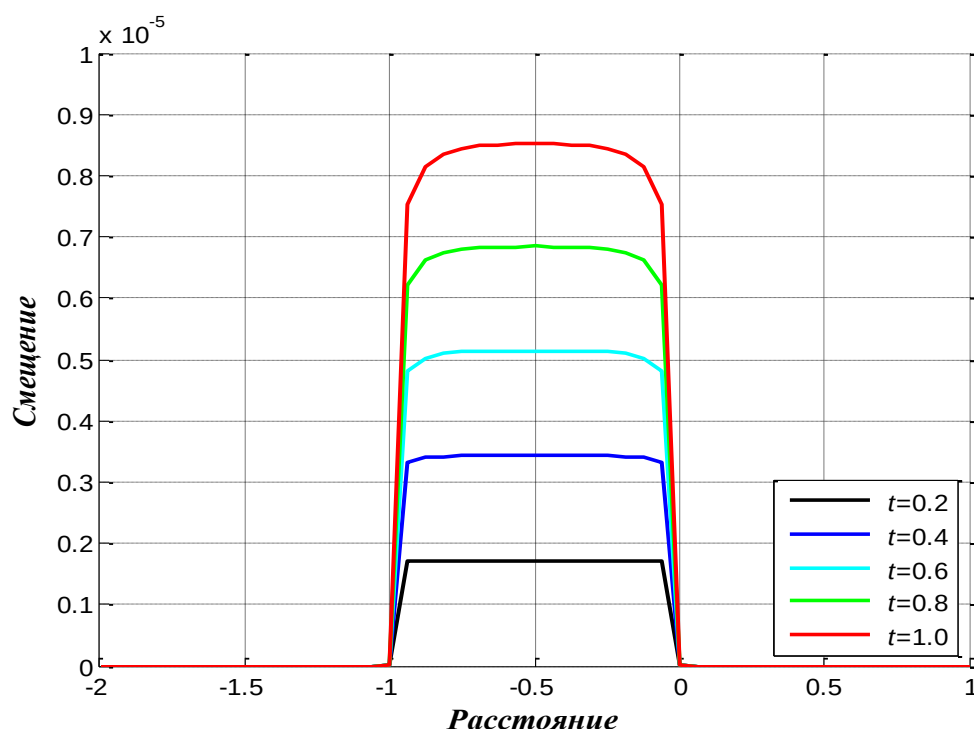


Рисунок 29 – Смещение на линии $y = 0$ при $\eta = 10$

3. Поле смещений в очаговой зоне при внезапном возникновении конечного разрыва с полным сбросом напряжений

Построено аналитическое решение динамической задачи о нестационарных процессах в напряженной среде при внезапном возникновении конечного разрыва с полным сбросом напряжений на разрыве. Аналитическое решение выражено через элементарные и специальные функции. При получении аналитического решения использованы спектральные методы. Исходная задача приведена к задаче с однородными краевыми условиями на границах $\theta = 0$ и $\theta = \pi$, для которой были получены собственные значения и собственные функции, а решение записано в виде соответствующего ряда. Используя преобразование Фурье-Бесселя и тождества для функций Бесселя, получены расчетные формулы, которые использованы при численном анализе.

В результате численно-аналитических расчетов получено поле смещений на разрыве и в очаговой зоне. Определены закономерности распространения сейсмических волн. Определено поле вторичных цилиндрических волн и проведена компьютерная визуализация развития во времени суммарного поля перемещений в очаговой зоне при внезапном возникновении конечного разрыва с полным сбросом напряжений на разрыве с учетом поля вторичных цилиндрических волн. В результате численных расчетов показано, что на магистральном разрыве могут иметь место реверсные (обратные) смещения берегов, что соответствует известным результатам других авторов, полученным для прерывистых разрывов.

Методами математического и компьютерного моделирования изучены нестационарные процессы в очаговых зонах земной коры. Получено развитие волнового поля с учетом возникновения цилиндрических волн второго порядка.

3.1. Аналитическое решение задачи для смещений в напряженной среде при внезапном возникновении конечного разрыва со свободными берегами

Вторичная волна задается выражением

$$w^2(r, \theta, t) = \begin{cases} 0, & 0 < t < 1, \\ u(r, \theta, t-1), & t > 1. \end{cases} \quad (19)$$

Функция $u(r, \theta, t)$ в (19) является решением задачи

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial u}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 u}{\partial \theta^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}, \quad 0 < r < t, \quad 0 < \theta < \pi, \quad 0 < t < T, \quad (20)$$

при начальных условиях

$$u(r, \theta, 0) = 0, \quad \left. \frac{\partial u}{\partial t} \right|_{t=0} = 0, \quad (21)$$

и краевых условиях

$$u(r, 0, t) = g(r, t), \quad \left. \frac{\partial u}{\partial \theta} \right|_{\theta=\pi} = 0, \quad (22)$$

где

$$g(r, t) = \begin{cases} \frac{2(t+1)}{\pi} \arctg \sqrt{\frac{t-r}{r+1}} - \frac{2\sqrt{(r+1)(t-r)}}{\pi}, & 0 < r < t, \\ 0, & r > t. \end{cases} \quad (23)$$

Для решения задачи (20) – (22) введем новую неизвестную функцию $v(r, \theta, t)$, полагая

$$u(r, \theta, t) = v(r, \theta, t) + g(r, t). \quad (24)$$

В результате получим следующую задачу для функции $v(r, \theta, t)$:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v}{\partial \theta^2} = \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} + h(r, t), \quad 0 < r < t, \quad 0 < \theta < \pi, \quad 0 < t < T, \quad (25)$$

при начальных условиях

$$v(r, \theta, 0) = 0, \quad \left. \frac{\partial v}{\partial t} \right|_{t=0} = 0, \quad (26)$$

и краевых условиях

$$v(r, 0, t) = 0, \quad \left. \frac{\partial u}{\partial \theta} \right|_{\theta=\pi} = 0, \quad (27)$$

где

$$h(r, t) = -\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial g}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 g(r, t)}{\partial t^2}. \quad (28)$$

Решение задачи (25)–(28) ищем в виде разложения в ряд по системе ортогональных функций $\Theta_k(t) = \sin \frac{(2k+1)\theta}{2}$, $k = 0, 1, 2, \dots$,

$$v(r, \theta, t) = \sum_{k=0}^{\infty} v_k(r, t) \Theta_k(\theta) = \sum_{k=0}^{\infty} v_k(r, t) \sin \frac{(2k+1)\theta}{2}. \quad (29)$$

Ряд (29) удовлетворяет краевым условиям (27) при любых $v_k(r, t)$, для которых имеет место сходимость ряда. Подставив (29) в уравнение (25) и начальные условия (26) и учитывая линейную независимость функций $\Theta_k(\theta)$, получим множество задач для функций $v_k(r, t)$:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v_k}{\partial r} \right) - \frac{\lambda_k^2}{r^2} v_k = \frac{\partial^2 v_k}{\partial t^2} + h_k(r, t), \quad 0 < r < t, \quad 0 < t < T, \quad (30)$$

$$v_k(r, 0) = 0, \quad \left. \frac{\partial v_k}{\partial t} \right|_{t=0} = 0, \quad (31)$$

где функции

$$h_k(r, t) = \frac{2}{\pi \lambda_k} h(r, t) = \frac{4}{\pi(2k+1)} h(r, t), \quad (32)$$

являются коэффициентами разложения функции $h(r, t)$ в ряд

$$h(r, t) = \sum_{k=0}^{\infty} h_k(r, t) \sin \frac{(2k+1)\theta}{2}. \quad (34)$$

Далее применим преобразование Фурье-Бесселя к задаче (30)–(32). Используя тождество

$$\frac{d^2 J_{\lambda_k}(rs)}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dJ_{\lambda_k}(rs)}{dr} + \left(s^2 - \frac{\lambda_k^2}{r^2} \right) J_{\lambda_k}(rs) \equiv 0, \quad \lambda_k = \frac{2k+1}{2},$$

найдем

$$\int_0^{\infty} \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v_k(r, t)}{\partial r} \right) - \frac{\lambda_k^2}{r^2} v_k(r, t) \right] J_{\lambda_k}(sr) r dr = -s^2 \bar{v}_k(s, t),$$

$$\int_0^{\infty} h_k(r, t) J_{\lambda_k}(sr) r dr = s^2 \bar{g}_k(s, t) - \frac{2\lambda_k}{\pi} \int_0^{\infty} g(r, t) J_{\lambda_k}(sr) \frac{dr}{r} + \frac{\partial^2 \bar{g}_k(s, t)}{\partial t^2},$$

где

$$\bar{g}_k(s, t) = \frac{2}{\pi \lambda_k} \int_0^{\infty} g(r, t) J_{\lambda_k}(sr) r dr. \quad (35)$$

Задача (30) – (32), таким образом, преобразуется к следующей задаче для $\bar{v}_k(s, t)$

$$\frac{\partial^2 \bar{v}_k}{\partial t^2} + s^2 \bar{v}_k = -\bar{h}_k(s, t), \quad 0 < s < \infty, \quad 0 < t < T, \quad (36)$$

$$\bar{v}_k(s, 0) = 0, \quad \left. \frac{\partial \bar{v}_k}{\partial t} \right|_{t=0} = 0, \quad (37)$$

где

$$\bar{h}_k(s, t) = s^2 \bar{g}_k(s, t) - \frac{2\lambda_k}{\pi} \int_0^{\infty} g(\xi, t) J_{\lambda_k}(s\xi) \frac{d\xi}{\xi} + \frac{\partial^2 \bar{g}_k(s, t)}{\partial t^2}. \quad (38)$$

Решение задачи (36) – (38) имеет вид

$$\bar{v}_k(s, t) = -\frac{1}{s} \int_0^t \bar{h}_k(s, \tau) \sin s(t - \tau) d\tau, \quad (39)$$

или, учитывая (38),

$$\bar{v}_k(s, t) = -\bar{g}_k(s, t) + \frac{2\lambda_k}{\pi s} \int_0^t \sin s(t - \tau) d\tau \int_0^{\infty} \frac{g(\xi, \tau)}{\xi} J_{\lambda_k}(s\xi) d\xi. \quad (40)$$

Выполняя обращение (40), получим

$$v_k(r, t) = -g_k(r, t) + \frac{2\lambda_k}{\pi} \int_0^t d\tau \int_0^{\infty} \frac{g(\xi, \tau)}{\xi} d\xi \int_0^{\infty} J_{\lambda_k}(rs) J_{\lambda_k}(\xi s) \sin s(t - \tau) ds, \quad (41)$$

где

$$g_k(r, t) = \frac{2}{\pi \lambda_k} g(r, t). \quad (42)$$

Решение исходной задачи (20) – (22) получаем в виде

$$u(r, \theta, t) = \sum_{k=0}^{\infty} u_k(r, t) \sin \frac{(2k+1)\theta}{2}. \quad (43)$$

На основании (24) имеем

$$u_k(r, t) = v_k(r, t) + g_k(r, t),$$

так что

$$u_k(r, t) = \frac{2\lambda_k}{\pi} \int_0^t d\tau \int_0^{\infty} \frac{g(\xi, \tau)}{\xi} d\xi \int_0^{\infty} J_{\lambda_k}(rs) J_{\lambda_k}(\xi s) \sin s(t - \tau) ds. \quad (44)$$

Рассмотрим интеграл

$$S_k(r, \xi, t - \tau) = \int_0^{\infty} J_{\lambda_k}(s\xi) J_{\lambda_k}(rs) \sin s(t - \tau) ds. \quad (45)$$

Применяя формулу интегрирования и учитывая, что λ_k полуцелое число и $\lambda_k - \frac{1}{2} = k$, получим

$$S_k(\xi, \tau, r, t) = \begin{cases} \frac{1}{2\sqrt{r\xi}} P_k\left(\frac{r^2 + \xi^2 - (t - \tau)^2}{2r\xi}\right), & |r - \xi| < t - \tau < r + \xi, \\ 0, & 0 < t - \tau < |r - \xi| \text{ и } t - \tau > r + \xi, \end{cases} \quad (46)$$

где функция $P_k(z)$ есть полином Лежандра, причем

$$-1 < \frac{r^2 + \xi^2 - (t - \tau)^2}{2r\xi} < 1. \quad (47)$$

Подставив $S_k(\xi, \tau, r, t)$ в (44), получим формулу для $u_k(r, t)$

$$u_k(r, t) = \frac{\lambda_k}{\pi\sqrt{r}} \iint_{\Omega} P_k\left(\frac{r^2 + \xi^2 - (t - \tau)^2}{2r\xi}\right) \frac{g(\xi, \tau)}{\xi^{\frac{3}{2}}} d\xi d\tau, \quad (48)$$

где область интегрирования Ω совпадает с областью определения функции $S_k(\xi, \tau, r, t)$, данной выражением (46).

3.2. Распространение сейсмических волн из очага при полном сбросе напряжений на разрыве с учетом поля смещений во вторичной волне

На основе полученных аналитических формул для перемещений (43) при условии (48) проведена визуализация процесса распространения сейсмических волн из очага с учетом поля смещений во вторичной волне. На рисунках 30-37 показано поле смещений в зоне разрыва вдоль конечной полосы при $y=0$, $-1 < x < 0$ в моменты времени: $t_1=0,05$; $t_2=0,25$; $t_3=0,50$; $t_4=0,75$; $t_5=1,00$; $t_6=1,25$; $t_7=1,50$; $t_8=1,75$; $t_9=2,00$. По вертикали отложены перемещения в точке с координатами (x, y) . Из рисунков видно, как сейсмическая волна, начинаясь на разрыве, распространяется в плоскости x, y . На начальном этапе (рисунки 30-31) перемещения на разрыве (при $y = 0$, $-1 < x < 0$) имеют равномерное распределение, что подтверждает теоретически выводы о наличии области влияния: пространственно-временной оценки, когда влиянием концов разрыва на движение его берегов можно пренебречь [36]. Со временем влияние концов разрыва становится все более значимым, а прямая эпюра смещений на разрыве переходит в кривую линию (рисунок 32).

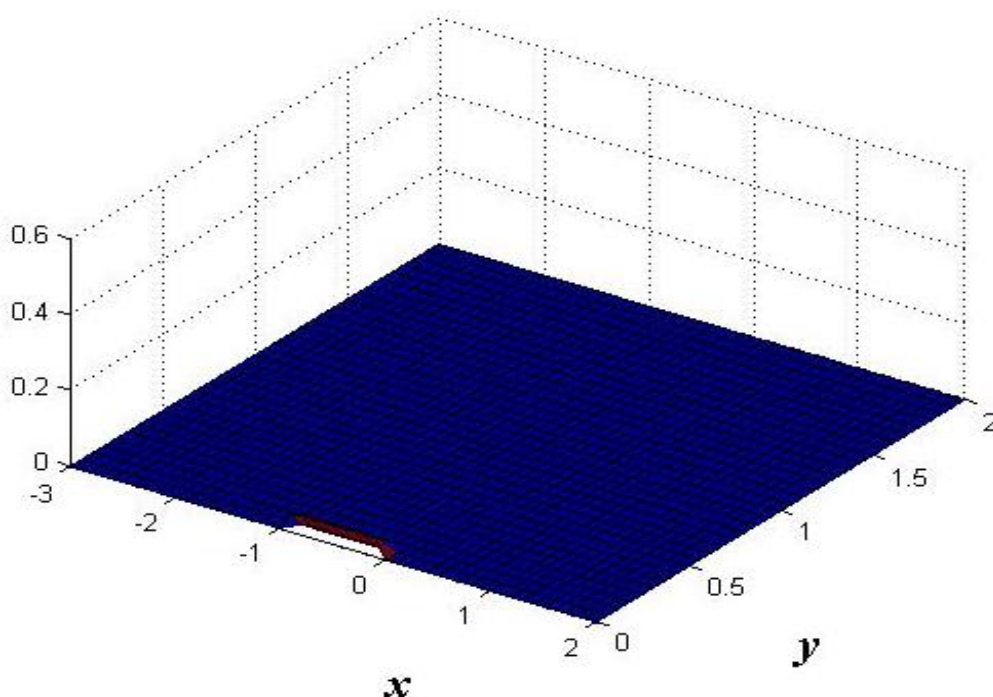


Рисунок 30 – Поле перемещений в окрестности разрыва при $t=t_1$

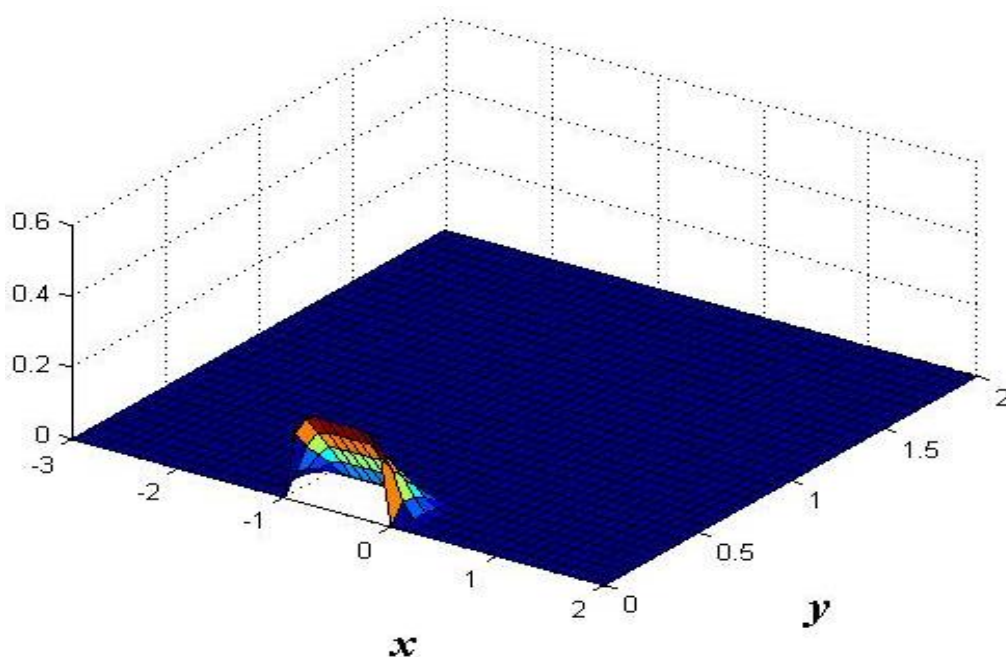


Рисунок 31 – Поле перемещений в окрестности разрыва при $t=t_2$

Со временем смещения на разрыве достигают некоторого максимума (рисунки 33–35), и далее начинают уменьшаться (рисунки 36–38). Этот факт означает, что на разрыве начинает происходить реверсивное движение и реверсное смещение его берегов (обратное движение берегов разрыва).

На рисунках 30–33 поле смещений подвержено действию только плоской волны и первичных цилиндрических волн от обоих концов разрыва. На рисунке 34 смещения на разрыве наибольшие. На рисунках 35–38 видно воздействие вторичных цилиндрических волн на поле перемещений в зоне разрыва, что отражено на рисунках образованием седловидных линий на поверхности эпюры перемещений.

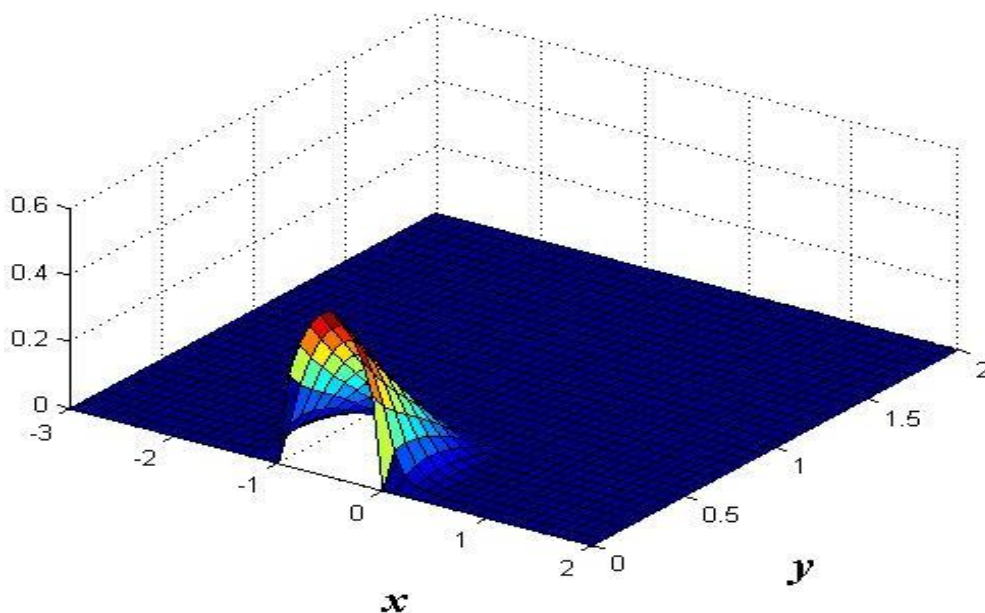


Рисунок 32 – Поле перемещений в окрестности разрыва при $t=t_3$

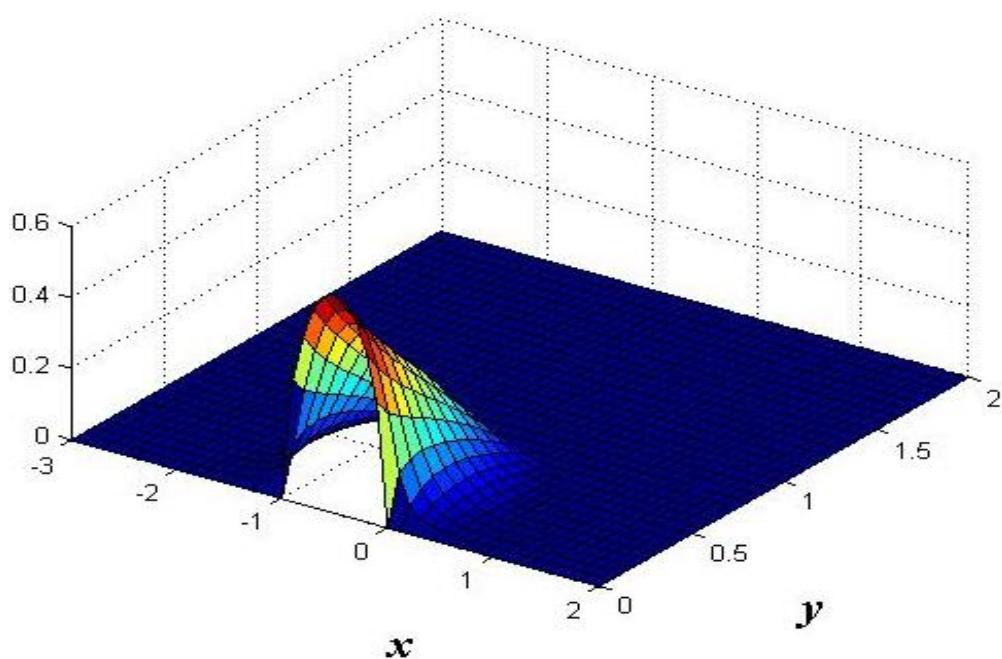


Рисунок 33 – Поле перемещений в окрестности разрыва при $t=t_4$

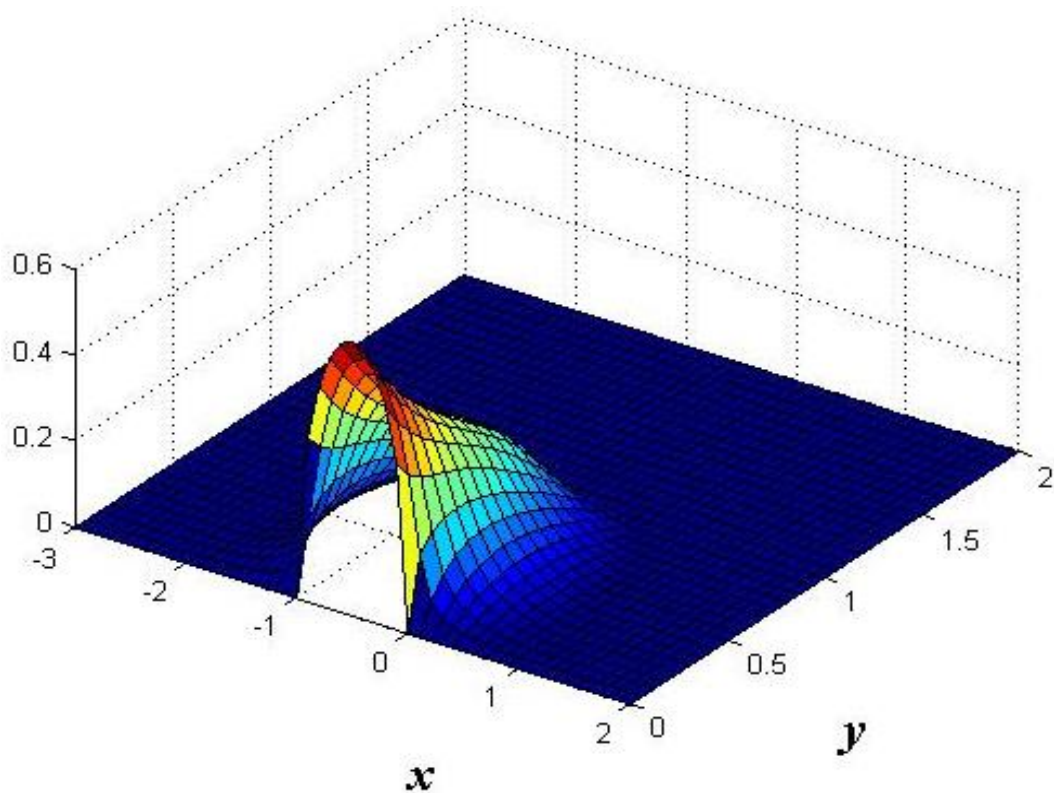


Рисунок 34– Поле перемещений в окрестности разрыва при $t=t_5$

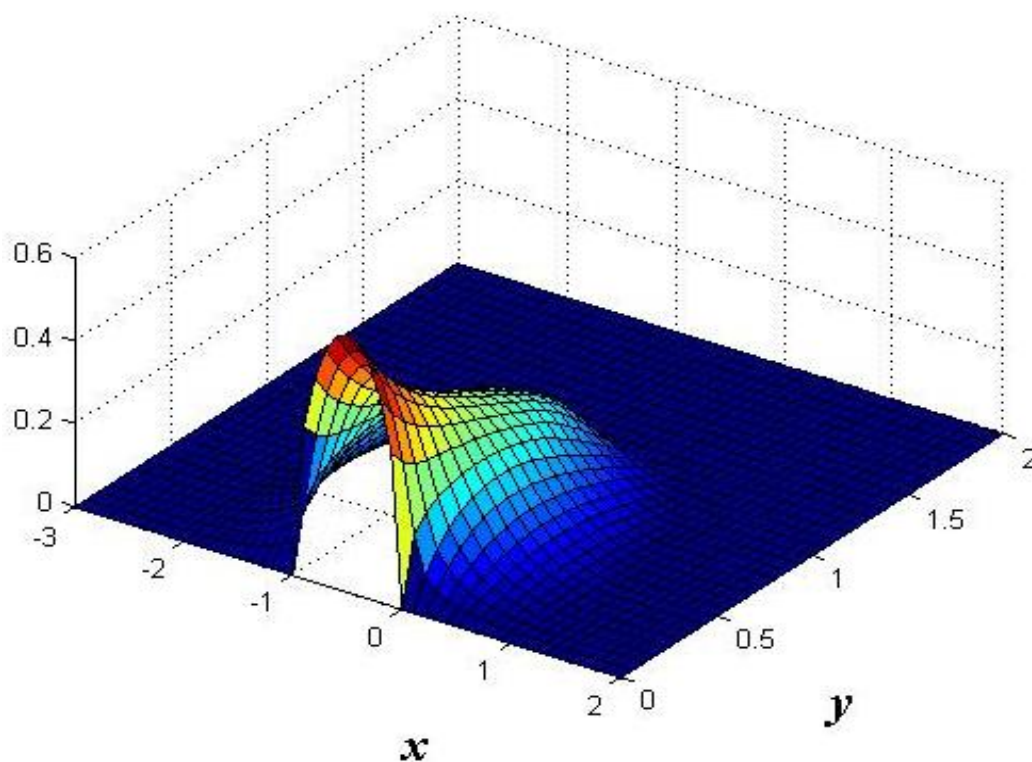


Рисунок35 – Поле перемещений в окрестности разрыва при $t=t_6$

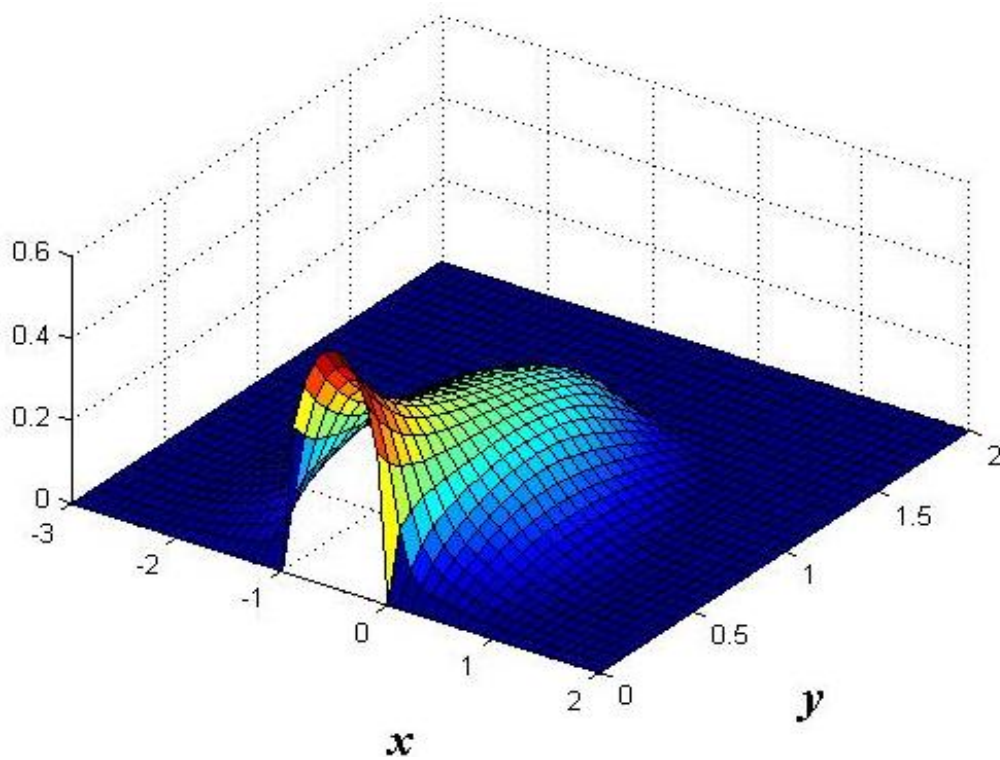


Рисунок 36 – Поле перемещений в окрестности разрыва при $t=t_7$

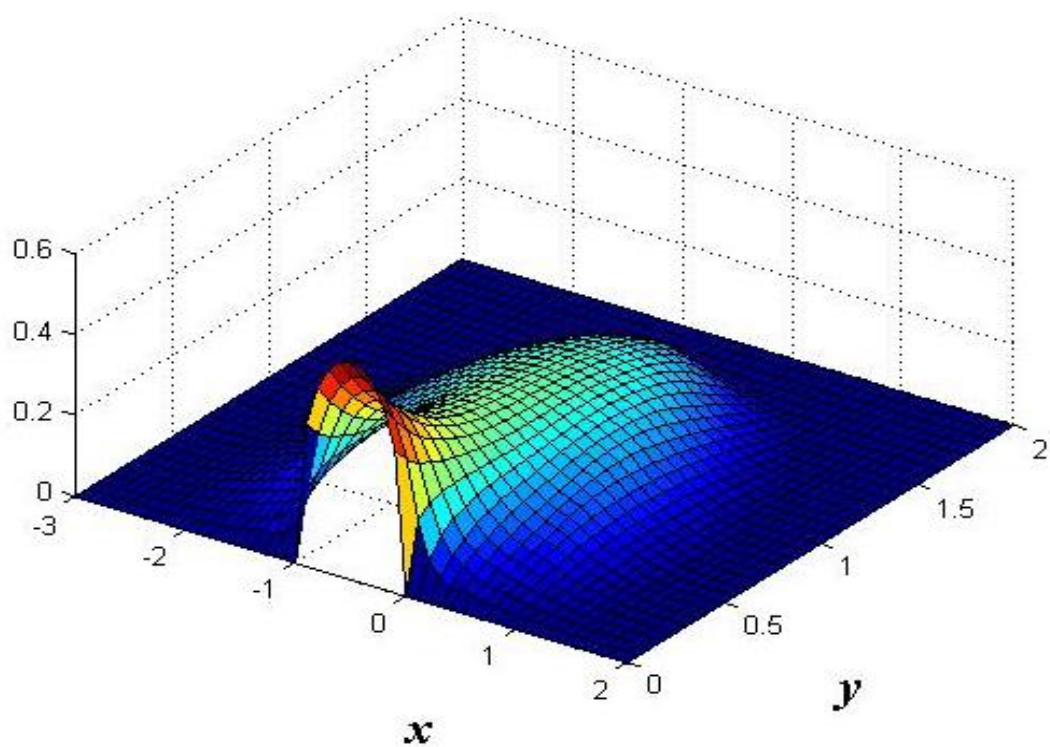


Рисунок 37 – Поле перемещений в окрестности разрыва при $t=t_8$

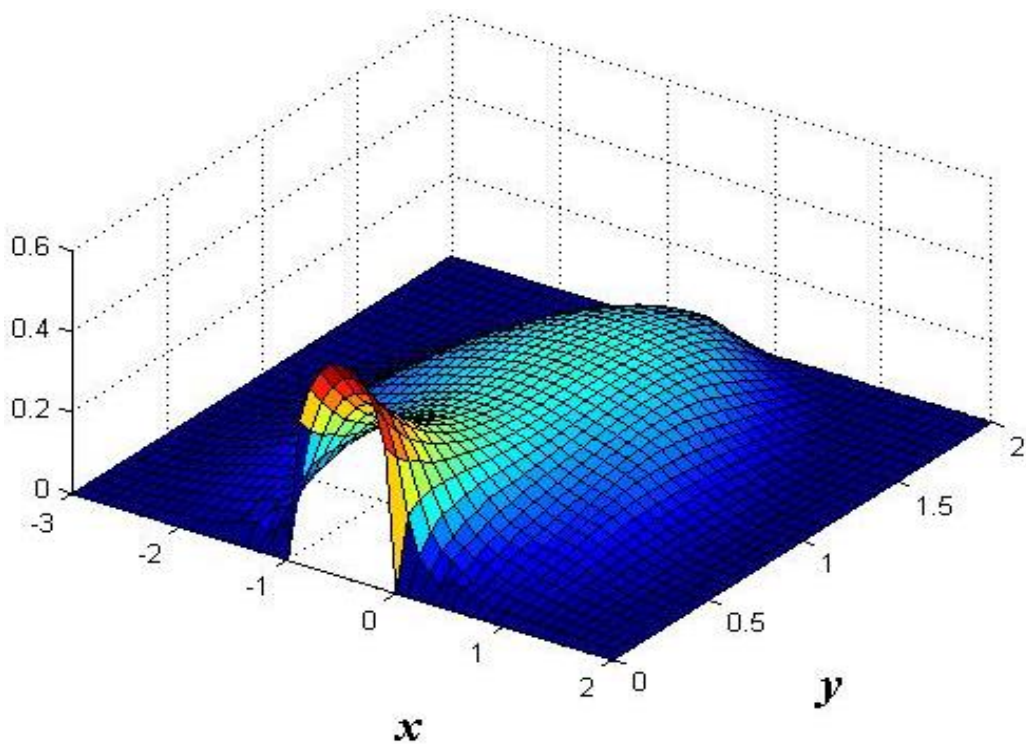


Рисунок 38 – Поле перемещений в окрестности разрыва при $t=t_9$

Основные результаты

Исследовано воздействие сейсмических волн из очага на участок земной коры. Введено нормированное ускорение (сглаженное ускорение с сохранением импульса) для графического описания воздействия сейсмических волн на исследуемые участки. На основе количественных оценок показано, что интенсивность воздействия сейсмической волны на участок существенно зависит от его расположения относительно магистрального разрыва. Установлено, что плоская волна обладает большим воздействием в сравнении с воздействием цилиндрической волны. Получены количественные оценки воздействия цилиндрической волны на участки, расположенные вдоль прямой линии.

Проведен численный анализ перемещений в очаговой зоне под воздействием сейсмических волн: плоской волны, распространяющейся от поверхности разрыва, и цилиндрических волн, исходящих от его краев. Используя суммарное поле в первичной волне для конечного разрыва с вязким контактом берегов, получено поле смещений в зоне конечного разрыва для первых вступлений сейсмических волн. Как следует из результатов численного анализа, влияние концов разрыва на смещения его берегов происходит с некоторым запозданием, что подтверждает теоретические выводы [36] о наличии временного промежутка, в течение которого влиянием концов разрыва на движение берегов рассматриваемого участка разрыва можно пренебречь. При этом этот промежуток времени запаздывания влияния концов растет с увеличением вязкости на разрыве.

Проведена компьютерная визуализация развития во времени суммарного поля перемещений в очаговой зоне при внезапном возникновении магистрального разрыва, когда на конечном разрыве происходит полный сброс напряжений, с учетом поля вторичных цилиндрических волн. В результате численного анализа установлено, что на магистральном разрыве могут происходить реверсные (обратные) смещения берегов разрыва.

Для численных расчетов и визуализации динамических процессов использована среда инженерно-математического моделирования MATLAB.

Работа выполнена по программе «Грантовое финансирование научных исследований» РК в рамках темы «Математическое моделирование очаговых зон и литосферно-ионосферных связей с использованием геоинформационных спутниковых технологий» (грант 0079/ГФ4).

Литература:

1. Теркот Д., Шуберт Дж. Геодинамика. – М.: Мир, 1985. – 731 с.
2. Шерман С.И., Семинский К.Ж., Борняков С.А., Буддо В.Ю., Лобацкая Р.М., Адамович А.Н., Трусков В.А., Бабичев А.С. Разломообразование в земной коре. Зоны сдвига. – Новосибирск: Наука, 1991. – 263 с.
3. Черепанов Г.П. Об одном механизме развития разломов в твердой оболочке Земли // Изв. АН СССР, Физика Земли. – 1984. – № 9. – С. 3–12.
4. Адушкин В.В. Актуальные проблемы геомеханики земной коры // Электронный научно-информационный журнал «Вестник ОГГГН РАН». – 2001. – № 1 (16). – С. 1–33.
5. Садовский М.А., Болховитинов Л.Г., Писаренко В.Ф. Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс. – М.: Наука, 1987. – 101 с.
6. Моги К. Предсказание землетрясений. – М.: Мир, 1988. – 282 с.

7. Соловьев С.П., Спивак А.А. Электромагнитные сигналы в результате электрической поляризации при стесненном деформировании горных пород // Физика Земли. – 2009. – №4. – С. 76–84.
8. Киссин И.Г. О системном подходе в проблеме прогноза землетрясений // Физика Земли. – 2013. – № 4. – С.145–160.
9. Афраймович Э. Л., Перевалова Н. П. GPS-Мониторинг верхней атмосферы Земли // Иркутск: ЦОП БИБММ ИГУ и ГУ НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН, 2006. –479 с.
10. Гайворонская Т.В. Сейсмоионосферные эффекты в слое F2 в районе Камчатки // Физика Земли. –2012. – № 4. – С.53–57.
11. Липеровский В.А., Похотелов О.А., Шалимов С.Л. Ионосферные предвестники землетрясений. – М.: Наука, 1992. –304 с.
12. Atmospheric and Ionospheric Electromagnetic Phenomena Associated with Earthquakes // Edited by M. Hayakawa: Tokyo. Terra Scientific Publishing Company, 2003. – 996p.
13. Gershenzon N., and Bambakidis G/ Modelling of seismo-electromagnetic phenomena // Russian Journal of Earth sciences. – 2001. – Vol. 3, № 4. –P. 247–275.
14. Гохберг М.Б., Моргунов В.А., Похотелов О.А. Сейсмоэлектромагнитные явления. – М.: Наука, 1988. – 174 с.
15. Pulinets S.A., Boyarchuk K.A. Ionospheric Precursors of Earthquakes: Springer, 2003. – 312 p.
16. Kuo C.L., Huba J.D., Joyce G., Lee L.C. Ionosphere plasma bubbles and density variations induced by pre-earthquake rock currents and associated surface charges // J. Geophys. Res. – 2011. – Vol.116. – A10317 – doi: 10.1029/2011JA016628.
17. Namgaladze A.A., Klimenko M.V., Klimenko V.V., Zakharenkova I.E. Physical mechanism and mathematical modeling of earthquake ionospheric precursors registered in total electron content // Geomagnetism and Aeronomy. – 2009. – Vol.49, № 2. – P.252–262. – doi:10.1134/ S0016793209020169.
18. Ким А.С. Асейсмические движения в зоне тектонического разлома и вариации магнитного поля // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2011. – №4, ч.2. – С.457–458.
19. Кочарян Г.Г., Остапчук А.А., Марков В.К., Павлов Д.В. Некоторые вопросы геомеханики разломов континентальной коры // Физ. Земли. – 2014. – № 3. – С. 51–64.
20. Бобряков А.П. Моделирование триггерных эффектов в разломных зонах горных пород // Физ.-техн. пробл. разраб. полез. ископаемых. – 2013. – № 6. – С. 35–44.
21. Каримов Ф.Х. Сейсмогенные оползни-потоки. Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита // 2-я Конференция, посвященная 100-летию со дня рождения С.М. Флейшмана. Москва. 17-19 окт., 2012. – М. – 2012. – С. 54–55.
22. Zhang Hao, Ge Zengxi. Rupture pattern of the Oct 23, 2011 Van-Merke, Eastern Turkey earthquake // Earthquake Science. – 2014. – 27, – № 3. – С. 257–264.
23. Косарев И.Б., Соловьев С.П. Теоретические оценки электрических сигналов в экспериментах с образцами горных пород низкой пористости // Динамические процессы в геосферах. – 2013. – № 4. – С. 207–214.
24. Moore Diane E., Lockner David A. Chemical controls in fault behavior: weakening of serpentinite sheared against quartz-bearing rocks and its significance for fault creep in the San Andreas system // J. Geophys. Res. B. – 2013. – 118. – № 5. – С. 2558 – 2570.
25. Немирович-Данченко М.М. Разрушение сдвигом и отрывом в некоторых задачах геодинамики // Современная геодинамика Центральной Азии и опасные природные процессы: результаты исследований на количественной основе: Материалы Всероссийского совещания и молодежной школы, Иркутск, 23-29 сент., 2012. – Т. 2. – Иркутск. – С. 50–52.
26. Кузьмин Ю.О. Современная геодинамика разломов и парадоксы скоростей деформации // Физ. Земли. – 2013. – N 5. – С. 28–46.

27. Ikuta Ryoya, Satomura Mikio, Fujita Akio, Ando Masataka. A small persistent locked area associated with the 2011 M = 9.0 Tohoku – Oki earthquake, deduced from GPS data // J. Geophys. Res. B. – 2012. – Vol. 117, № 11. – С. 1–B11408/25.
28. Wang Dun, Mori Jim, Uchide Takahiko. Supershear rupture on multiple faults for the M=8.6 off Northern Sumatra, Indonesia earthquake of April 11, 2012 // Geophys. Res. Lett. – 2012. – Vol.39, № 21. – P. 21–30.
29. Кочарян Г.Г., Новиков В.А., Остапчук А.А. Реализация различных типов скольжения по разломам и излучение сейсмических волн // 10-я Международная школа-семинар «Физические основы прогнозирования разрушений горных пород». Апатиты, 13-17 июня, 2016: Тезисы докладов. Апатиты. – 2016. – С. 23.
30. Dragoni Michele, Santini Stefano. A two-asperity fault model with wave radiation // Phys. Earth and Planet. Inter. – 2015. – Vol. 248. – P. 83–89.
31. Викулин А.В. Геодинамика как волновая динамика блоковой вращающейся среды // Геодинам. и тектонофиз. – 2015. – Vol.6, №3. – С. 345–364.
32. Chang K.W., Segall P.J. Injection-induced seismicity on basement faults including poroelastic stressing // Geophys. Res. B. – 2016. – Vol. 121, № 4. – P. 2708–2726.
33. Wang Xuebin, Gu Lu, Ma Bing, Lu Jiaqing. Numerical simulation of reverse displacement regions during jog failure for two kinds of echelon faults // Dadi celiang yu diqiu donglixue = J. Geod. and Geodyn. – 2014. – Vol. 34, №2. – С.45–50. Библ. 11. кит.; рез. англ.
34. Duan Qingbao, Yang Xiasong, Ma Shengli, Chen Jianye et al. Fluid-rock interactions in seismic faults: Implications from the structures and mineralogical and geochemical compositions of drilling cores from the rupture of the 2008 Wenchuan earthquake, China // Tectonophysics. – 2016. – Vol. 666. – С. 260–280.
35. Чистова З.Б., Кутинов Ю.Г. Электромагнитное излучение в районах тектонических нарушений. Их отражение в наземных наблюдениях и материалах дистанционного зондирования Земли // Система «Планета Земля»: 20 лет Семинару «Система «Планета Земля» 1994–2014. Москва, 2014. – 2014. – С. 293–304.
36. Ким А.С. О волнах сдвига в очаговой зоне при внезапном возникновении разрыва // Известия Научно-технического общества «КАХАК». – 2015. – №2. – С. 4–31.
37. Ким А.С. О математическом и компьютерном моделировании очаговых зон в земной коре и литосферно-ионосферных связях // XI Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики: Матер. междунар. конф. – Казань. 2015. – № 617. – С. 1773–1775.
38. Kim A. Non-stationary processes in nidal zone at sudden appearance of break // The 24th International Congress of Theoretical and Applied Mechanics (ICTAM): Book of Papers. – Montréal, Canada, 2016. – P. 2263–2264.
39. Ким А.С. Математическое моделирование динамических процессов в литосфере при внезапном возникновении разрыва // Известия НТО «КАХАК». – 2016. – № 2 (53). – С. 53–64.

Поступила 20 мая 2017 г.

ХИМИЯ

МРНТИ 31.15.17; 68.37.13

УДК 544.7; 579.2

БАЗ-ПОЛИМЕР КЕШЕНДЕРІНІҢ БЕТТІК ҚАСИЕТТЕРІ ЖӘНЕ АЛМАНЫҢ АУРУЛАРЫНА ҚАРСЫ БАКТЕРИЦИДТІ, ФУНГИЦИДТІ ӘСЕРІ

Есімова О.А.¹, Фасхутдинов М.Ф.², Рвайдарова Г.О.²,
Исенова Г.Д.², Ерлан Г. Е.¹, Керимкулова М.Ж.¹

¹әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы

² Ж. Жиембаев атындағы Қазақ өсімдік қорғау және карантин ғылыми-зерттеу

институты, Алматы, Қазақстан Республикасы

e-mail: esimova_61@mail.ru

БАЗ-полимер композицияларының сұйық-газ, қатты-сұйық фазааралық шекарадағы беттік қасиеттері зерттелінді. Зерттеу нәтижелері бойынша композициялардың жұқтырғыш қасиеттері жоғары болды. Ал беттік керілу мәндері төмен көрсеткіштер көрсетті. Яғни олардың беттік активтілігі жоғары екені көрсетілді. Сонымен бірге БАЗ-полимер композицияларының бактерицидтік, фунгицидтік қасиеттері зерттелінді. Алынған кешендердің ауылшаруашылық дақылдарының (алма, алмұрт) ауруларының қоздырғыштарына *Erwinia amylovora* қарсы бактерицидті, фунгицидті әсері зерттеліп, тиімді көрсеткіш көрсетті. Композициялардың бактерияның өсу аймағын басу қабілеттілігі концентрацияға тікелей тәуелді. Композиция төмен концентрацияларда әлсіз, ал жоғары концентрацияда жақсы бактерицидтік қасиет көрсетеді.

Тірек сөздер: ионсыз полиэлектролит полиэтиленгликоль, полиакрилонитрил, полигексаметиленгуанидин хлорид (метацид), оксиэтилденген изооктилфенил (ОП-10), мыс сульфаты (CuSO_4) комплексі, ауыл шаруашылығы, композициялар, залалдану, беттік керілу, жұғу, бактерицидтік және фунгицидтік қасиеттер.

*Изучены поверхностные свойства композиций ПАВ-полимер на межфазной границе жидкость – газ, твердое тело – жидкость. По результатам исследования смачивающая способность композиций была высокой. А значения поверхностного натяжение показали низкие результаты. То есть показано их высокая поверхностная активность. Так же исследованы бактерицидные, фунгицидные свойства композиций ПАВ-полимер. Исследованы бактерицидные, фунгицидные свойства полученных комплексов против возбудителя болезней *Erwinia amylovora* сельскохозяйственных культур (яблоки, груши) и были показаны эффективные результаты. Способность композиций подавлять рост бактерии напрямую зависит от концентрации. При низких концентрациях композиция показывает слабые, а при высоких концентрациях хорошие бактерицидные свойства.*

Ключевые слова: неионогенный полиэлектролит полиэтиленгликоль, полиакрилонитрил, полигексаметиленгуанидин хлорид (метацид), оксиэтилированный изооктилфенил (ОП-10), комплекс сульфата меди (CuSO_4), сельское хозяйство, композиции, заражение, поверхностное натяжение, смачивание, бактерицидные и фунгицидные свойства.

The surface properties of surfactant polymer compositions at the liquid-gas and the solid-liquid interfaces were studied. According to the results of the study, the wetting power of the compositions was high. And the values of surface tension showed low results. Namely, their high surface activity is shown. The bactericidal, fungicidal properties of the surfactant polymer compositions have also been studied. Bactericidal, fungicidal

properties of the complexes against Erwinia amylovora pathogens of crops (apples, pears) were investigated and have been shown effective results. The ability of the compositions to inhibit bacterial growth directly depends on the concentration. At low concentrations, the composition shows weak, and at high concentrations, good bactericidal properties.

Keywords: *non-ionic polyelectrolyte polyethylene glycol, polyacrylonitrile, polyhexamethyleneguanidine chloride (metacide), oxyethylated isooctylphenyl (ОИ-10), complex of copper sulfate (CuSO₄), agriculture, compositions, infection, surface tension, wetting, bactericidal and fungicidal properties.*

Kipicne. Бактерицидтік фунгицидтік қасиет көрсететін препараттарын қолдану бүгінгі күннің өзекті мәселелерінің бірі болып отыр. Бактерицидтік препараттарды ауылшаруашылығындағы дәндерді дәрілеуде және олардың өңгіштігін арттыруда, ауыз суын әр түрлі ауру туғызушы бактериялардан тазалау мен зарасыздандыруда кеңінен қолданылады. Бактерицидті және фунгицидті комплекстер ауыл шаруашылығында әртүрлі мәселелерді шешу үшін қолданылады, соның ішінде өсімдіктерді зиянкестерден қорғау, ауыл шаруашылық дақылдарын өңдеу, сол арқылы олардың өңгіштігін арттыру. Сонымен қатар бактерицидті және фунгицидті комплекстер антибактериялық, антисаңырауқұлақтық активтілікке ие және өсімдіктердің өсуін қамтамасыз етеді [1–3].

Қазіргі кезде қолданылатын фунгицидті және бактерицидті комплекстердің түрлері сан алуан. Ауыл шаруашылығында қолданылатын фунгицидтер мен бактерицидтер негізінен ұлттылы аз қосылыстар, олардың қоршаған ортада және оның жеке объектілерінде – топырақта, өсімдік тіндерінде, атмосферада биологиялық активтілігінің сақталу мерзімі аз, сол себепті қажетті шараларды орындаған жағдайда қоршаған орта нысандарында жиналып қалмайды. Бұл өз кезегінде экологиялық тазалықты қамтамасыз етеді [4–5].

Өсімдіктерді қорғаудың әдістері мен құралдарының көптеген түріне қарамастан, еліміздегі ауылшаруашылық дақылдарының 20–50 % зиянды организмдер (зиянкестер, аурулар, арамшөптер) әсерінен жойылуда.

Ауылшаруашылық дақылдарының ішінде, алма жемісінің өнімділігінің төмендеуіне аурулар көп әсер етеді. Алма таз қотыры мен бактериялық күйік аурулары кеңінен таралған. Осы аурулармен ерте залалданғанда жемістердің пішіні бұзылады, өнімнің тауарлық сапасы төмендейді. Залалданған жемістер жақсы сақталмайды. Сондықтан аурудың алдын-алу үшін мыс қосылысты препараттар кеңінен қолданылады.

Беттік активті заттар мен полимерлер негізіндегі жаңа бактерицидті, фунгицидті қасиеті бар қосылыстарды зерттеу өте үлкен практикалық қызығушылық тудырады. Қазіргі таңда БАЗ-полимер қосылыстары жан-жақты зерттелуде. Ол негізінен БАЗ қоспаларының қолданылуы, БАЗ-ң қолжетімді болуымен ерекшеленеді. Өйткені бұндай қосылыстар ауыл шаруашылығының көптеген саласында кеңінен қолданылады.

Соның ішінде зақымданудан ұзақ уақыттық қорғауды қамтамасыз ететін және өсімдіктерге жоғары бекіну қасиетіне ие негізгі тиімді препарат – мыс құрамды қосылыстар болып саналады. Мысқұрамды қоспалардың тиімділігі өңдеудің дәл мезгілімен, біркелкілігімен және мұқияттылығымен анықталады.

Эксперименттік бөлім. Зерттеу нысандары: полиакрилонитрил (ПАН), мыс сульфаты (CuSO₄) комплексі, полигексаметиленгуанидин гидрохлорид (ПГМГ), ионсыз беттік активті

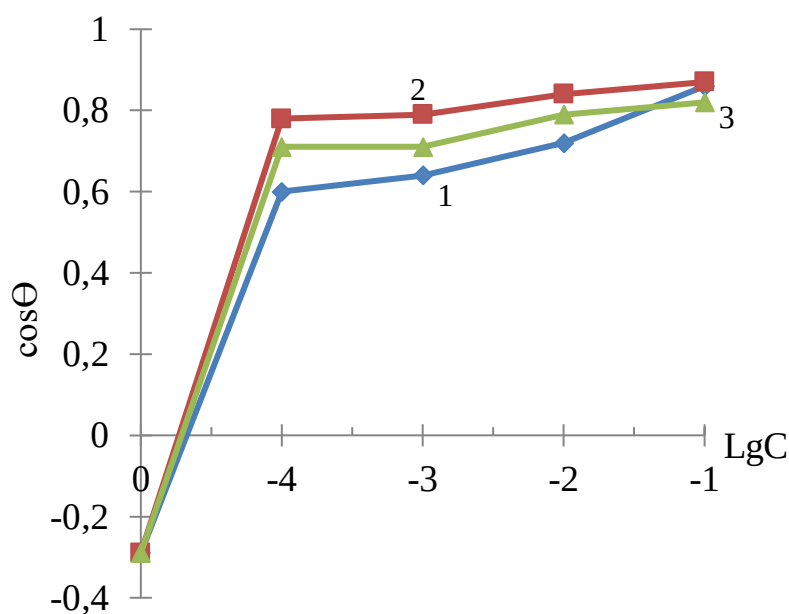
заттар – оксиэтилденген изооктилфенил (ОП-10), ионсыз полиэлектролит полиэтиленгликоль (молекулалық массасы-6000).

Беттік керілуді анықтау үшін Седиментометр – тензиометр СТ-С-2, жұғу бұрышы жатушы тамшының әдісі арқылы Гониометр ЛК-1 аппараттары қолданды.

Нәтижелер және оларды талқылау. Бүгінде коллоидтық химия халық шаруашылығының барлық салаларында, күнделікті тұрмысымызда кеңінен қолданып отыр. Жедел қарқынмен дамып келе жатқан үлкен бір сала ауыл шаруашылық болып табылады. Қазіргі кезде ауыл шаруашылығында антибактериалдық қасиеттеріне себепші препараттардың маңызы зор. Осындай препараттарға полимер-БАЗ-дың жаңа тобына жатқызуға болатыны көрсетіледі. Соңғы жылдары ғылымның және техниканың даму сатысы өз алдына жаңа полимер-беттік активті заттар ассоциаттарын, олардың заңдылықтарын, физика-химиялық қасиеттерін зерттеу және халық шаруашылығының әртүрлі салаларында қолданылуына ғалымдардың қызығушылығы арта түсті. Композициялық БАЗ-дарды халық шаруашылығының көптеген саласында қолдануына байланысты олардың әртүрлі фазаралық шекарадағы қасиеттерін зерттеу қажет. Себебі беттік керілу мен жұғу қабілеті қандай да болсын заттың беттік активтілігін бағалайтын шама болып табылады [6, 7].

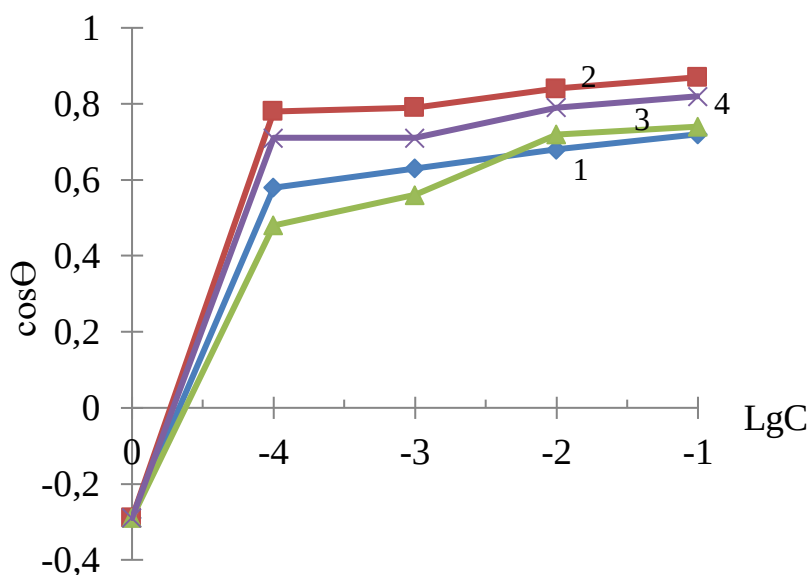
Осыған байланысты полимер-БАЗ композицияларының 10^{-4} – 10^{-1} % судағы ерітінділері алынып, олардың сұйық-газ, қатты-сұйық фазааралық шекарадағы беттік қасиеттері зерттелінді.

Компоненттердің гидрофобты тефлон бетінде жұғу бұрыштары өлшеніп, $\cos \Theta$ -ның LgC қатысты изотермасы көрсетілген. Жұғу бұрышын анықтау қатты-сұйық және сұйық-газ фазалар шекарасында полимердің адсорбциялық қабілеттілігін анықтау бойынша жүзеге асты. Үлгі ретінде тефлонды алу себебіміз кез-келген өсімдіктер және дәндер бетінің гидрофобты болуына байланысты [8,9]. 1, 2 суреттерде полиакрилонитрил ПАН-метал комплекстерінің және полигексаметиленгуанидин гидрохлорид (ПГМГ), ОП-10, ПЭГ (6000) және полимер – БАЗ композицияларының тефлон бетіндегі жұғу қабілеттіліктері бойынша мәліметтер келтірілген.



1 – ОП-10, 2 – ПГМГ + ОП-10, 3 – ПАН + ОП-10

Сурет 1 – Жұғу бұрышының изотермасы



1 – ПГМГ + ПЭГ, 2 – ПГМГ + ОП-10, 3 – ПАН + ПЭГ, 4 – ПАН + ОП-10

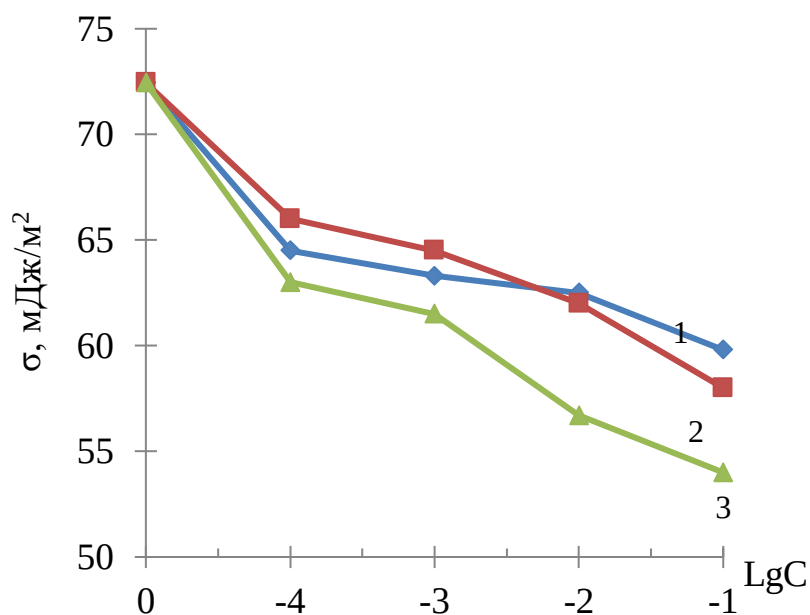
Сурет 2 – Жұғу бұрышының изотермасы

Мәліметтер бойынша ПГМГ мен ПАН жұғу қабілеті нашар. Мұның себебі барлық полиэлектролиттерде фазалар арасындағы адсорбциялық қабаттың түзілу процесі жай жүреді. Сондықтан берілген полиэлектролиттердің жұғу қасиетін жақсарту мақсатында беттік активті заттар ОП – 10 мен ПЭГ – 6000 әсері зерттелінді. БАЗ әсерінен тефлон бетінде ПАН мен ПГМГ – ның жұғу қасиеттері жоғарылады. ПАН+ПЭГ-6000 – ға қарағанда ПАН+ОП-10 жұғуы жақсы. Сонымен қатар ПАН+ОП-10 – мен салыстырғанда ПАН+ПЭГ жақсы жұққыштық қабілетін көрсетті. Суреттерден көрініп тұрғандай зерттелінетін ерітінділердің концентрациясы артқан сайын олардың гидрофильдегіш қасиеті де арта түсті. Дегенмен жеке компоненттерге қарағанда полимер-БАЗ композициялары жоғары жұқтырғыш қасиетін көрсетті.

Беттік керілу – сұйық немесе қатты фазаның өзінің артық потенциалды энергиясын екінші фазамен бөліну шекарасында төмендетуге ұмтылуы. Ерітінділердің концентрациясын жоғарылатқан сайын беттік керілу төмендейді. БАЗ – дың беттік керілуінің төмендеуі олардың диффузия молекуласының беттің фазааралық көлеміне және БАЗ қабатының фазааралық пішінделуіне байланысты.

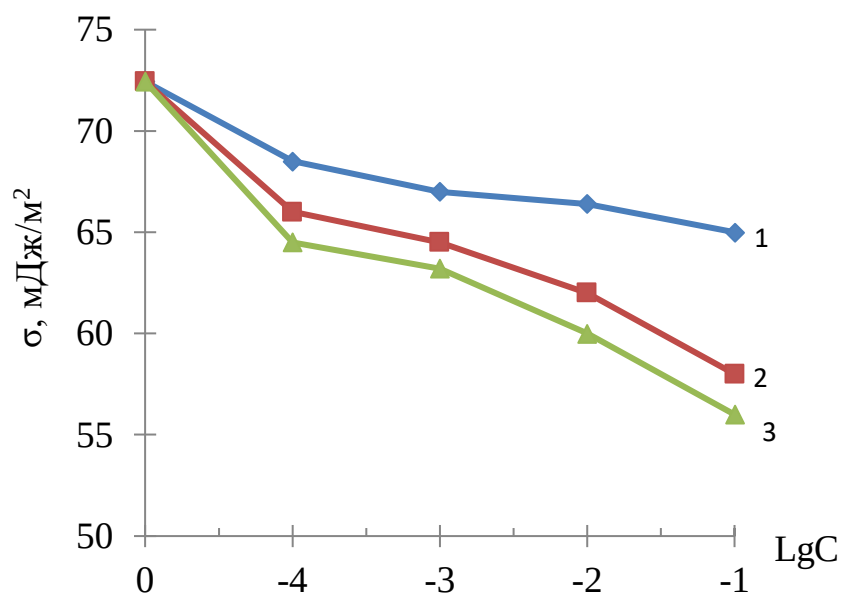
Полиэлектролиттер мен мицелла түзгіш БАЗ – дардың әрекеттесу ерекшеліктері беттік керілу изотермаларында көрсетілген (3–5 суреттер).

Зерттеу нәтижесі бойынша жеке компоненттердің ПГМГ, ПАН, ОП-10, ПЭГ-6000 және олардың комплекстерінің ерітінділерінің төмендеуінің изотерма қисықтары келтірілген. ОП-10 және ПЭГ-6000 ерітінділерінің беттік керілуі ПГМГ – ға және ПАН – ға қарағанда төмен болды. Ал жеке компоненттерге қарағанда олардың қоспаларының беттік керілуі төмен яғни беттік активтілігі жоғары екенін көруге болады. Яғни жеке компоненттерге қарағанда композициялардың беттік активтілігі жоғары көрсеткішке ие.



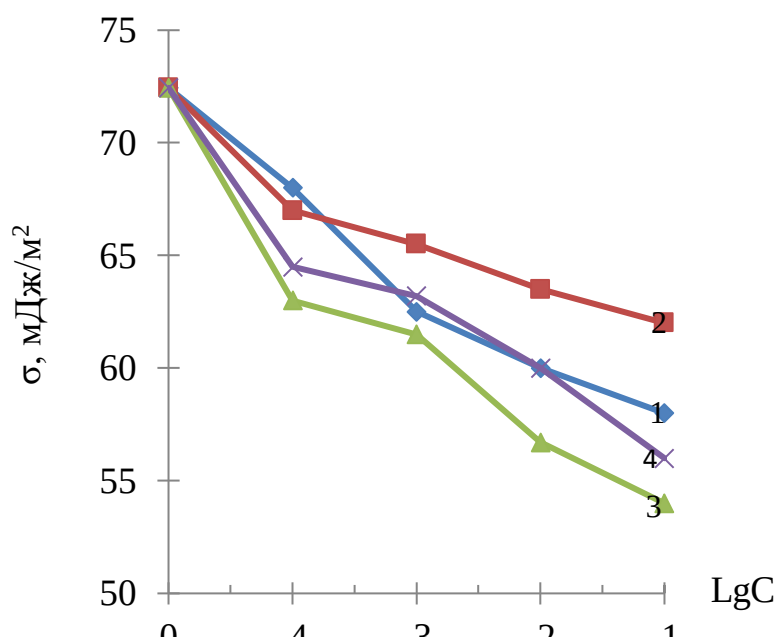
1 – ПЭГ, 2 – ПАН, 3 – ПАН + ПЭГ

Сурет 3 – Беттік керілу изотермасы



1 – ОП-10, 2 – ПАН, 3 – ПАН + ОП-10

Сурет 4 – Беттік керілу изотермасы



1 – ПГМГ + ПЭГ, 2 – ПГМГ + ОП-10, 3 – ПАН + ПЭГ,
4 – ПАН + ОП-10

Сурет 5 – Беттік керілу изотермасы

Қоспаның бактерицидтік және фунгицидтік қасиеттері. Бактерицид – фунгицидтер ауыл шаруашылық дақылдарының патогенді бактерия, саңырауқұлақтар тудыратын аурулардан қорғайтын дәрілер ретінде танымал. Мұндай өнімдерді қолдану қажеттілігі осындай ағзалар тудыратын көптеген ысыраптардың болуынан туындап отыр. Экономды болу үшін бактерицид – фунгицид қолдану арқылы өсімдіктердің ауруларымен күресіп, өнімділікпен сапаның жоғарылауымен компенсациялануы керек.

Мыс құрамды фунгицидтердің тиімділігі өңдеудің бірқалыптылығымен, ұқыптылығымен және уақыттылығымен анықталады.

К.И. Бельтюкова, М.С. Матышевская қағаз дисктер әдістемесі бойынша қоспаның бактерицидтік қасиеттерін бағалау жұмыстары жүргізілді [10]. Жұмыста сынақ-нысаны ретінде жемісті дақылдардың бактериалды күйігін тудыратын *Erwinia amylovora* фитопатогенді бактериясының таза культураны қолданылды.

Тәжірибе нәтижелері мысқұрамды қоспаның бактерицидтік қасиетке ие екендігін көрсетті. Мыс пен полиакрилонитрил қоспасы бактерияның өсу аймағын басу қабілеттілігі концентрацияға тікелей тәуелді. Қоспа төмен концентрацияларда әлсіз, ал жоғары концентрацияда жақсы бактерицидтік қасиет көрсетеді (кесте 1).

Зертханалық жағдайда мыс құрамды қоспалардың және оның БАЗ-мен композицияларының фунгицидтік қасиеттеріне зерттеу жүргізілді. Сонымен қатар алма ағашының таз қотыр ауруын тудырушы *Venturia inaequalis* саңырауқұлағының конидия түзілуіне қоспалардың әсері анықталды.

Зақымдалған алма ағашының жемістері мен жапырақтары мыс құрамды қоспамен өңделіп, ылғалды камераға қойылды. Фунгицидтік қасиетті бақылау 3 апта аралығында жүргізілді. Әрбір 3-4 күн сайын тәжірибелерде жүйелі бақылаулар жүргізілді (кесте 2). Мицелияның өсу интенсивтілігі мен конидиялардың түзілуі келесідей белгіленді: (+) – әлсіз, (++) – орташа, (+++) – күшті.

Кесте 1 – Әр түрлі концентрациядағы мысқұрамды қоспалардың бактерицидтік қасиеті (Ж. Жиёмбаев атындағы Қазақ өсімдік қорғау және карантин ғылыми-зерттеу институты» ЖШС, өсімдіктер карантині бөлімі)

Нұсқа	Концентрация, %	Жаншылу аймағы, мм
CuSO ₄ +ПАН	0,5	14,0
CuSO ₄ +ПАН	1,0	14,9
CuSO ₄ + ПАН + ОП-10	0,5	15,1
CuSO ₄ +ПАН + ОП-10	1,0	15,7
CuSO ₄ + ПАН +ПЭГ	0,5	17,3
CuSO ₄ + ПАН+ ПЭГ	1,0	17,9
Бордос сұйықтығы	0,5	17,7
Бордос сұйықтығы	1,0	18,0

Зақымдалған алма ағашының жемістері мен жапырақтары мыс құрамды қоспамен өңделіп, ылғалды камераға қойылды. Фунгицидтік қасиетті бақылау 3 апта аралығында жүргізілді. Әрбір 3-4 күн сайын тәжірибелерде жүйелі бақылаулар жүргізілді (кесте 2). Мицелияның өсу интенсивтілігі мен конидиялардың түзілуі келесідей белгіленді: (+) – әлсіз, (++) – орташа, , (+++) – күшті.

Тәжірибе нәтижесі бойынша, қоспалардың төмен концентрациясында мицелияның интенсивті өсуі мен конидиялардың түзілуі жүргенін көрсетті (сурет 6).



Сурет 6 – Таз қотыр ауруымен зақымдалған алма ағашының жапырағындағы мицелиалды қақ

Кесте 2 - Әр түрлі концентрациядағы мысқұрамды қоспалардың фунгицидтік қасиеті (Ж. Жиембаев атындағы Қазақ өсімдік қорғау және карантин ғылыми-зерттеу институты» ЖШС, өсімдіктер карантин бөлімі)

Тәжірибе нұсқалары	Концентрация	Мицелия өсуінің интенсивтілігі	Конидия түзілуі
Бақылау	—	—	—
CuSO ₄ + ПАН	0,5	++	+
CuSO ₄ + ПАН	1,0	+	-
CuSO ₄ + ПАН + ОП-10	0,5	+	+
CuSO ₄ +ПАН + ОП-10	1,0	—	—
CuSO ₄ +ПАН + ПЭГ	0,5	+	+
CuSO ₄ +ПАН + ПЭГ	1,0	—	—
Бордос сұйықтығы	0,5	++	+

Бордос сұйықтығы	1,0	+	–
Ескерту: мицелия мен конидияның өсу интенсивтілігі: (-) – өсу жоқ, (+) – әлсіз, (++) – орташа, (+++) – күшті			

Жапырақтар мен жемістердің біртіндеп қарайғандығы байқалды және сапрофитті микрофлора әсерінен олардың интенсивті мацерациясы белгіленді. Ал жоғары концентрацияда мицелияның әлсіз өсуі тек 1-1,5 аптадан соң ғана байқалды. Конидиалды споротүзілу ұзаққа дейін байқалмады және әрі қарай әлсіз дамыды. Жапырақтар мен жемістер ұзақ уақыт аралығында тұтас болып қалды және олардың бет қабаты жұмсаруы байқалмады.

Қорытынды:

1. Cu (II) полимерлі комплексінің физико-химиялық қасиеттері зерттелді. Соның ішінде ИҚ-спектрі алынып, элементтік талдауы жүргізілді. Талдау нәтижелері бойынша алынған комплекс механикалық қоспа емес жаңа өнім екендігі анықталынды.

2. Мыс - полимер, беттік активті заттар және олардың комплекстерінің ауыл шаруашылық дақылдарына соның ішінде алма ағашының бактериялық күйік және таз қотыры ауруларына қарсы бактерицидті, фунгицидті әсері зерттелді. Тәжірбие нәтижесі бойынша жеке компоненттерге қарағанда олардың кешендері жоғары тиімділік көрсетті.

3. БАЗ-мен олардың Cu (II) полимерлі комплексімен композицияларының сұйық-газ, қатты-сұйық фазааралық шекарадағы беттік қасиеттері зерттелді. Зерттеу нәтижелері бойынша, композициялардың жұққыш қасиеттері жоғары екендігін және беттік керілуінің төмен екендігін көрсетті. Яғни жеке компоненттерге қарағанда, композициялардың беттік активтілігі жоғары көрсеткішке ие екені байқалды.

Әдебиеттер:

1. Антоновская Л. И., Белясова Н. А. Выбор методов, условий испытаний и параметров оценки антибактериальных свойств биоцидных препаратов // Труды БГТУ. Химия, технология органических веществ и биотехнология. – 2011. – № 4. – С. 178–181.
2. Гнатенко А.В., Коваленко В.Л., Куликова В.В., Уховский В.В. Устойчивость тест-культуры лептоспир к бактерицидному препарату «аргицид» // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 10 (108). – С. 99–102.
3. Игнатенко А.В. Изучение образования биопленок бактерий и оценка их устойчивости к биоцидам // Труды Белорусского государственного технологического университета. Серия 4: Химия, технология органических веществ и биотехнология. – 2008. – Т. 1. – № 4. – С. 173–176.
4. Thomson S. V., Gouk S. C. Influence of age of apple flowers and growth of *Erwinia amylovora* and biological control agents // Plant Disease. – 2003. – Vol. 87. – P. 502–509.
5. Гришечкина Л.Д., Долженко В.И., Милютенкова Т.И., Шатова А.С., Киндрат М.В. и др. Химический метод защиты растений. Состояние и перспектива повышения экологической безопасности // Материалы междунар. науч.-практ. конф. 6–10 декабря. – Санкт-Петербург. – 2004. – С. 79–81.
6. Фасхутдинов М.Ф., Рвайдарова Г.О., Умиралиева Ж., Есимова О.А. Оценка медь-, цинк-содержащих препаратов по отношению к возбудителю бактериального ожога *Erwinia amylovora* // Материалы междунар. науч.-практ. семинара «Бактериальный ожог плодовых культур: Экологические аспекты и меры контроля». – Алматы. – 2016. – С.190–192.

7. Омарова К.И. Адсорбционное модифицирование поверхности твердых тел синтетическими полиэлектролитами и поликомплексами: дисс. ... докт. хим. наук.: 02.00.11. – Алматы, 2005. – 267с.
8. Кумаргалиева С.Ш., Мусабеков К.Б. Поверхностное натяжение композиции полигексаметиленгуанидин гидрохлорид-поверхностно-активные вещества // Вестник КазНУ. Сер. хим. – 2012. – №1. – С. 276–280.
9. Есимова О.А., Бектурганова Н.Е., Керимкулова М.Ж., С.Ш. Кумаргалиева, Мусабеков К.Б. Действие метацида и его комплекса с цетилпиридиний бромида на возбудителей болезней растений *Xanthomonas campestris* и *clavibacter michiganensis* // Известия НАН РК. – 2015. – Т. 3, №411. – С. 142–148.
10. Бельтюкова К.И., Матышевская М.С., Куликовская М.Д., Сидоренко С.С. Методы исследования возбудителей бактериальных болезней растений. – Киев: Наукова думка, 1968. – 316 с.

Поступила 12 марта 2017 г.

МРНТИ 31.01.05; 31.01.11

УДК 547(822.3+823+833)+615.2

БЕНЧМАРКИНГ ХИМИИ СИНТЕТИЧЕСКИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ВЕЩЕСТВ

Пралиев К.Д.¹, Исакова Т.К.², Ю В.К.¹

¹Институт химических наук им. А.Б. Бектурова, Алматы, Республика Казахстан

²Казахский национальный исследовательский технический университет

им. К.И. Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан

e-mail: praliyevkd@mail.ru

Проведен сопоставительный анализ (бенчмаркинг) стратегии лаборатории химии синтетических и природных лекарственных веществ для установления существующих отставаний и поиска путей их ликвидации в создании синтетических лекарственных веществ. Показано, что к одному из приоритетных направлений технологии создания новых лекарств относится модификация фармакофорного синтона путем введения в структуру молекулы различных функциональных групп, усиливающих основной терапевтический эффект и/или приводящих к изменению биологической активности субстратов. Модификация пиперидонов-4 проводится с использованием простых в исполнении химических реакций и принципов «зеленой химии» с использованием доступных реагентов и растворителей. При этом одним из важнейших этапов поиска структур-лидеров остается направленный синтез веществ с заданными фармакологическими свойствами, который тесно связан с вопросами изучения тонкой химической структуры вещества, его физико-химических характеристик и фармакологического действия.

Ключевые слова: бенчмаркинг, лекарственный препарат, фармакофорный синтон, фармакологическая активность, фармацевтическая фирма, анализ, создание.

Синтетикалық және табиғи дәрілік заттар химиясы зерханасының синтетикалық дәрілік заттар жасау бойынша артта қалу және оны болдырмау жолдарын іздеу мақсатында салыстырмалы талдау (бенчмаркинг) жасалған. Жаңа препараттар жасаудың технологиясының басымбағыттарының біріне молекула құрылымына негізгі терапевтикалық әсерді күшейтетін немесе субстраттардың биологиялық белсенділігін өзгертетін әр түрлі функционалды топтарды енгізу арқылы фармакофорлы синтонды модификациялау жататындығы көрсетілген. Пиперидон-4-тердің модификациясы қолжетімді реагенттер және еріткіштер қолданып, жүзеге асырылуы қарапайым болып келетін химиялық реакциялар мен «жасыл химия» принциптерін пайдалану арқылы жүргізіледі. Құрылым-көшбасшылар іздестірудің маңызды кезеңі заттың нәзік химиялық құрылымын, физико-химиялық сипаттамаларын және фармакологиялық әсерін зерттеу мәселелерімен тығыз байланысты берілген фармакологиялық қасиеттерге ие заттардың бағытталған синтезі болып қалуда.

Тірек сөздер: бенчмаркинг, дәрілік препарат, фармакофорлық синтон, фармакологиялық белсенділік, фармацевтикалық фирма, сараптама, жасау.

A comparative analysis (benchmarking) of the strategy of the Laboratory of Synthetic and Natural Medicinal Compounds Chemistry was carried out to establish the existing backlogs and to find ways to

eliminate them in the development of synthetic medicinal substances. It is shown that modification of pharmacophore synthon by introducing various functional groups in the molecule structure that enhance the main therapeutic effect or lead to a change in the biological activity of substrates belongs to one of the priority directions of the technology of creating new drugs. Modification of piperidones-4 is carried out using simple chemical reactions and the principles of "green chemistry" using available reagents and solvents.

At the same time, one of the most important stages in the search for structure- leaders is the target synthesis of compounds with predetermined pharmacological properties, which is closely related to the problems of studying the fine chemical structure of a molecule, its physico-chemical characteristics, and pharmacological action.

Keywords: benchmarking, drug (medicinal preparation), pharmacophore synthon, pharmacological activity, pharmaceutical company, analysis, elaboration.

Введение. Считается, что уровень развития фармацевтической отрасли является одним из стратегически важных показателей социально-экономического потенциала государства, так как лекарственное обеспечение населения служит индикатором национальной безопасности. Отличительной особенностью фармацевтического рынка является длительность выхода на рынок нового лекарственного препарата, что вызвано необходимостью тщательной проверки эффективности, качества и безопасности потенциального лекарственного средства, высокой стоимостью проведения исследований и разработок и высоким риском инвестиционных вложений в исследования и разработки. По данным 2011 г. на разработку одного нового лекарственного препарата требуются более 12 лет и более 1 миллиарда евро. При этом большинство разрабатываемых соединений (около 98 %) так и не выходят на рынок (<http://www.eupati.eu>).

Согласно данным Министерства здравоохранения Республики Казахстан к одной из главных причин высокого уровня заболеваемости населения относится недостаток эффективных и безопасных лекарств. Кроме того, наблюдающийся рост социально значимых бактериальных и вирусных заболеваний связан с развитием резистентных к широко используемым лекарственным препаратам форм возбудителей инфекций. В связи с этим поиск и создание новых высокоэффективных и безвредных лекарственных препаратов, как синтетических, так и природного происхождения, признан актуальным на сегодняшний день не только в нашей стране, но и во всем мире.

Для оценки состояния и прогнозирования дальнейшего развития лаборатории химии синтетических и природных лекарственных веществ (ЛХСиПЛВ) АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова» (ИХН) необходимо установить основные составляющие, так называемый каркас, на котором базируется ее деятельность. Этот «каркас» представляет собой целостную систему синергетически связанных между собой элементов поиска и создания новых лекарственных веществ.

В связи с вышесказанным для улучшения деятельности лаборатории необходимо изучение наиболее удачных технологий создания лекарств, применение которые способствовало бы дальнейшему успешному развитию собственных стратегий. С этой целью проводится сопоставительный анализ (бенчмаркинг) [1–3], который заключается в изучении лучших технологий, производственных процессов и методов организации производства и сбыта продукции.

Целью настоящей работы является бенчмаркинг – сравнительный анализ деятельности лаборатории с передовым опытом научных учреждений аналогичного профиля, который необходим для последующего совершенствования стратегии проведения научно-исследовательских работ, направленного на получение конкурентоспособных результатов.

Материалы и методы. Материалы для сравнительного анализа взяты из открытой печати. Для достижения цели применялся традиционный метод сравнительного анализа данных.

Результаты и обсуждение. Как уже отмечалось выше, основная **цель** данного исследования – это создание инструмента для совершенствования используемой в лаборатории химии синтетических и природных лекарственных веществ (ЛХСиПЛВ) стратегии создания эффективных, безопасных и доступных лекарств.

Процесс разработки новых лекарственных препаратов и включает 7 основных стадий:

- 1) прогноз биологической активности нового соединения;
- 2) его химический синтез и установление строения;
- 3) первичный фармакологический скрининг. На этой стадии выявляются наиболее перспективные препараты и даются рекомендации для их дальнейшего исследования, т.е. расширенных фармакологических исследований;
- 4) доклинические исследования;
- 5) клинические испытания;
- 6) разработка приемлемых к употреблению лекарственных форм;
- 7) выпуск нового лекарства.

Технологические стандарты бенчмаркинга включают в себя выполнение следующих этапов:

- определение факторов и переменных, которые будут анализироваться;
- отбор лидеров отрасли и вне ее, т.е. перенос опыта из других бизнес-направлений;
- сбор и анализ показателей лидеров по выбранным факторам;
- сравнение показателей лидеров с собственными параметрами;
- разработка программы действий для ликвидации выявленных разрывов.

Для оценки конкурентных позиций лаборатории проведен мониторинг следующих крупных научных центров, занимающихся аналогичными исследованиями по созданию потенциальных лекарственных средств:

1) Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН [4]. *Область исследований:* конструирование веществ с заданными свойствами, направленный синтез, изучение структуры и свойств функциональных производных ацетилена, содержащих гетероатомы, кратные связи и гетероциклы с целью получения лекарственных веществ, агропрепаратов и продуктов специального назначения. Создан высокоэффективный противотуберкулезный препарат нового поколения – Перхлозон. Он в 2,4 раза менее токсичен, чем изониазид, и имеет в 1,9 раза меньший мутагенный эффект, чем стрептомицин.

2) Некоммерческое партнерство институтов РАН «ОРХИМЕД» [5]. Было создано в 2005 г. Оно объединяло более 3500 ученых-исследователей. Институты, входящие в НП «Орхимед» располагали необходимыми ресурсами и экспертизой для проведения исследований на всех этапах доклинической разработки лекарств. Были созданы антивирусные, противовоспалительные и антитромбоцитарные агенты, средства для лечения нейродегенеративных заболеваний, модифицированные системы доставки. Каждый из

проектов представлял собой оригинальную, патентоспособную разработку российских исследователей в актуальной терапевтической области, включая противовирусные, противовоспалительные, антикоагулянтные препараты, лекарства для лечения сердечно-сосудистых и нейродегенеративных заболеваний (болезни Альцгеймера и Паркинсона), противоопухолевые агенты и другие. На каждый препарат создано специальное досье, включающее в себя основные сведения по его разработке. Коммерциализация разработок проводилась путем создания инновационной компании – «start-up», которой принадлежала интеллектуальная собственность на препарат.

3) Институт физиологически активных веществ РАН (г. Черноголовка) [6] ориентирован в своих исследованиях главным образом на работы в области медицинской химии. Структура Института позволяет проводить комплексные исследования, включающие компьютерное моделирование рецепторов человека и предсказание на этой основе структур с заданным типом активности, а также исследования в области соотношения структуры и свойства (QSAR). Разработку методов синтеза и поиск новых реакций и реагентов для синтеза предсказанных целевых структур, тестирование и скрининг веществ на различных уровнях, изучение механизма действия полученных целевых соединений.

4) Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН (г. Москва) [7]. Главная цель проводимых в Институте фундаментальных исследований – направленный синтез низко- и высокомолекулярных органических соединений с ценными свойствами для различных отраслей техники, для нужд фундаментальной биологии, медицины, сельского хозяйства и т.д. Открытие новых реакций, разработка новых катализаторов и изучение взаимосвязи их структуры с каталитической активностью, разработка новых, технологически перспективных методов синтеза практически важных органических соединений и новых катализаторов с ценными техническими свойствами.

5) Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН (г. Москва) [8]. Предусматривается органичное сочетание синтетических и теоретических работ в области элементоорганической и полимерной химии со всеми необходимыми физическими и физико-химическими исследованиями. Научная деятельность многих лабораторий ИНЭОС осуществляется на стыке нескольких ветвей химии и физики. Создан ряд новых научных направлений, характер которых определяется уникальным сочетанием органической, элементоорганической, координационной, физической химии и химии высокомолекулярных соединений и природных биологически активных веществ.

6) Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова РАН (г. Казань) [9]. Основные направления научной деятельности – химия элементного фосфора, его органических и элементоорганических соединений как основа для создания новых веществ, материалов и экологически безопасных ресурсосберегающих технологий; химия гетеро- и макроциклических соединений, углеродных и элементоорганических нанокластеров – новых молекулярных платформ и строительных блоков для конструирования супрамолекулярных структур и наноматериалов; физико-химическое исследование строения и свойств молекулярных и супрамолекулярных систем в твердой и жидкой фазах, а также динамических процессов самоорганизации в растворах; создание биологически активных препаратов, в том числе на основе биополимеров и низкомолекулярных природных соединений, для медицины, пищевой промышленности и сельского хозяйства.

7) Новосибирский Институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова Сибирского Отделения РАН (г. Новосибирск) [10]. Основные научные направления института: методы синтеза ароматических, фторорганических, гетероциклических и гетероатомных (содержащих атомы азота, серы и др.) соединений и изучение их реакционной способности. Изучение механизмов реакций органических соединений, их строения и свойств. Химия природных и синтетических биологически активных веществ; направленные синтетические трансформации, фармакологических свойств и механизма действия биологически активных агентов природного и синтетического происхождения; научные основы переработки возобновляемого и нетрадиционного химического сырья; органические светочувствительные материалы; математико-информационные методы установления структуры и прогнозирования свойств органических соединений. Проводятся исследования по каталитическому синтезу, биотехнологии, комбинаторной и супрамолекулярной химии..

8) АО Международный научно-производственный холдинг «Фитохимия» (г. Караганда) [11] представляет собой крупный научно-производственный комплекс, включающий 11 научно-исследовательских подразделений химического, фармакологического, биологического и фармацевтического профиля, опытный цех по производству фитопрепаратов. В холдинге «Фитохимия» осуществляется принцип сквозных научно-технических разработок от фундаментальных исследований, включая прикладные разработки, до внедрения наукоемких технологий в производство. При этом достигнуты значительные успехи как фундаментального, так и прикладного характера, что позволило создать основу для внедрения в производство наукоемких разработок конкурентоспособной фармацевтической продукции с высоким казахстанским содержанием. Сырьевая база: 1500 га для производства растительного сырья. Выпускаемая продукция: 43 наименования оригинальных фитопрепаратов.

Крупнейшие фармацевтические компании, на долю которых приходится 95 % мирового объема выпуска фармацевтической продукции [12]: «Novartis» 7173,5 млн. \$ было выделено на разработку лекарственных средств, задействовано 118 400 чел.; «AstraZeneca» (UK–Sweden) имеет три стратегических научных центра (Кембридж, Великобритания; Гейтерсберг, штат Мэриленд, США; Гетеборг, Швеция), затраты на НИОКР составляют 3202,8 млн. \$, задействовано 57 500 человек. «Pfizer» (USA) затраты на НИОКР составляют 4750,2 млн. \$, 78 000 человек задействовано. «Johnson & Johnson» (USA) – затраты на НИОКР – 5933,6 млн. \$, задействовано 128 100 человек. «GlaxoSmithKline» (UK) – затраты на НИОКР – 4154,3 млн. \$ и – 110 000 человек. Eli Lilly and Company (US) – затраты на НИОКР составляют 4010,8 млн. \$ и – 44 500 человек; «Bayer» имеет 350 компаний во всех странах мира, затраты на НИОКР – 3202,8 млн. \$, 111 400 человек, «Roche» – 7076,2 млн. \$, 85 000 человек; «Merck» – 5165,0 млн. \$, около 40 000. человек.

Основные университетские исследовательские центры, занимающиеся созданием новых потенциальных лекарственных средств: Оклахомский государственный университет, Нью-Йоркский государственный университет, США. Университеты г. Бат, Кардиффа (Великобритания). Университет г. Гента (Бельгия). ГосНИИОХТ, ВНИХФИ, Университет им. П. Лумумбы (г. Москва). Беларуский государственный университет, Институт биоорганической химии (г. Минск, Беларусь). Институт тонкой органической химии г. Ереван, Армения и др.

Таким образом, бенчмаркинг показывает, что научно-исследовательские центры проводят работы по разработке лекарственных средств и технологий их производства, включающие фундаментальные исследования в области химии и молекулярной биологии, клинические и доклинические испытания, причем большинство передовых исследований осуществляется большими командами, в состав которых входят крупные научно-исследовательские институты с собственными производственными базами.

Сопоставительный анализ позволяет определить сильные и слабые стороны модели разработки потенциальных лекарственных средств разработки, используемой в ЛХСиПЛВ.

Конкурентные преимущества:

1. Использование 1-(2-этоксизтил) пиперидона и его гомологов в качестве синтонов существенным образом отличается от принятых подходов к синтезу фармакологически активных соединений обеспечивает новизну исследований и их кардинальное отличие от аналогичных исследований, проводимыми зарубежными исследовательскими группами.

2. Четко обозначенная стратегия лаборатории, заключающаяся в модификации фармакофорного синтона путем введения в его структуру различных функциональных групп, усиливающих основной терапевтический эффект и/или приводящих к изменению биологической активности субстратов.

3. Технологичность проводимых исследований. Исходные продукты - пиперидоны-4, получают из доступных эфиров акриловой кислоты и первичных аминов. Дальнейшие модификации проводятся с использованием простых в исполнении химических реакций и принципов «зеленой химии», также базирующихся на доступных реагентах и растворителях.

4. Перспективность разработанных продуктов. Синтезированы многочисленные низкотоксичные производные пиперидина с широким спектром биологического действия (местноанестезирующим, спазмолитическим, анальгетическим, противопиятным, мембраностабилизирующим, антибактериальным, радиопротекторным, противотуберкулезным, иммуностимулирующим, антиаритмическим, и др.), значительно превышающим активность применяемых в медицинской практике средств.

5. Выявлены корреляции между активностью веществ и их структурой, позволяющие направленно создавать соединения с заданным типом биологического действия, что тесно связано с вопросами изучения тонкой химической структуры веществ, их физико-химических характеристик и фармакологического действия.

6. Найден баланс между растворимостью в воде (гидрофильностью) и жирах (липофильностью) веществ путем введения в молекулу пиперидина различных функциональных группировок и разработки клатратных комплексов с циклодекстрином.

Слабые стороны:

- недостаточное финансирование разработок;
- недостаточное приборное обеспечение для проведения исследований по установлению строения синтезированных соединений;

- недостаточная доступность и/или полное отсутствие испытательной базы синтезированных соединений для проведения первичного фармакологического скрининга, доклинических и клинических испытаний;

- количество квалифицированных специалистов, способных работать в лабораториях как химического, так и медицинского профиля, крайне ограничено. Молодые выпускники зачастую не обладают практическими навыками и не умеют работать самостоятельно, а получившие хорошую подготовку специалисты вынуждены искать более благоприятные для жизни и дальнейшего роста условия даже в совершенно других областях.

Следует также обратить внимание на то, что первичное фармакологическое исследование и установление строения синтезированных соединений в лаборатории проводятся на основе научно-технического сотрудничества без финансирования, которое в условиях рынка постепенно начинает терять свою привлекательность.

Все перечисленные выше обстоятельства являются причиной того, что ни один из препаратов пиперидинового ряда, разработанных в ЛХСиПЛВ, не был выведен на казахстанский рынок, за исключением анальгетика просидол, производство которого было налажено в России.

Мировые тенденции производства лекарственных средств. В настоящее время фармацевтический рынок заполнен дженериками – непатентованными лекарственными препаратами, являющимися воспроизведением оригинального препарата, на действующее вещество которого истёк срок патентной защиты. Они могут отличаться от оригинального препарата по составу вспомогательных веществ. Дженерики существенно дешевле, чем оригинальные препараты, поскольку их производители не несут капитальных затрат на разработку, исследование и рекламу новых лекарств. Кроме того, жесткая конкуренция со стороны других дженериковых компаний также способствует установлению низких цен.

В последнее время в органической химии наблюдается дефицит новых структур-лидеров, которые могут быть оптимизированы до терапевтически пригодных лекарств. Согласно прогнозам в ближайшие годы в фармацевтической области ожидается повышение спроса на оригинальные лекарственные средства. К тому же, очень быстро развивается резистентность микроорганизмов к действию широко применяемых лекарств. В связи с этим разработка безопасных потенциальных лекарственных средств очень актуальна.

Особенно остро эта проблема стоит в Казахстане. При этом следует учесть, что практически все применяемые в медицине лекарственные средства являются препаратами импортного производства. Ставятся задачи повышения экспортного потенциала фармацевтической и медицинской промышленности в восемь раз к 2020 г. по сравнению с 2010-м, увеличения доли лекарственных средств локального производства на рынке до 50 % к 2020 г., поскольку Казахстан располагает значительным научно-техническим потенциалом в области разработки и производства лекарственных препаратов.

В таблице 1 приведены данные, охватывающие основных производителей субстанций лекарственных средств (обезболивающих, антибактериальных, противотуберкулезных, иммуностимулирующих), области применения и характеристики этих субстанций.

Анализ показал, что главным недостатком фармацевтического рынка Казахстана является высокая импортная ориентированность, и недостаточное использование потенциала,

необходимого для развития отечественной фармацевтической отрасли, которым располагает наша республика.

Отличительной чертой развития исследований по созданию новых лекарств в Казахстане является то, что исследования в основном заstopориваются на определенном этапе (условно говоря, до первого успеха в пробирке), и дальнейшая разработка препаратов приостанавливается – слишком велик риск, поскольку отечественная индустрия еще не готова разрабатывать продукты, которые только прошли доклинические испытания. Но между этими двумя этапами – пустота в 8-10 лет и несколько сотен миллионов долларов только по одному лекарству. Поэтому первоочередная задача состоит в том, чтобы замкнуть этот цикл. Для этого есть только один путь – государство должно взять на себя финансирование этой «промежуточной» фазы, как это и делается во всем мире.

Например, когда в Америке в 2002 г. «упал» биржевой индекс NASDAQ и много частных денег ушло с рынка рискованных инвестиций, государство начало финансировать дальнейшую технологизацию знаний. Появились программы Road Map (дорожная карта), NIH – National Institute Health, американские программы, направленные на финансирование «зависших» разработок до создания готовых лекарственных форм.

Таблица 1 – Основные производители субстанций лекарственных препаратов.

№ пп	Фирма, страна	Виды продукции	Применение	Основные характеристики
1.	НИИ органической химии и технологий ГУП (Россия)	Фентанил субстанция. Выпускается в виде цитрата	Применяется как анальгетик. Потребители: медицина, ветеринария	Опиоидный анальгетик, мощный агонист μ -опиоидных рецепторов. Оказывает сильное анальгезирующее действие. Недостатки: При длительном употреблении фентанила развивается наркомания, кратковременность действия (менее 30 мин), очень высокая токсичность (смертельная доза фентанила составляет 2 мг), возникновение галлюцинаций, отёк лёгких, гипоксия, брадикардия, остановка сердца, угнетение и остановка дыхания.
		Просидол [13] субстанция и буккальные таблетки	Применяется как анальгетик. Потребитель: медицина	Просидол в форме таблеток (0,2 г) для буккального (защечного) применения разрешен к промышленному выпуску и медицинскому применению по следующим показаниям: ➤ премедикация; ➤ как анальгетический компонент общей анестезии при хирургических операциях; ➤ послеоперационное обезболивание; ➤ боль при ожогах; ➤ болевой синдром при травмах; ➤ после сложного удаления зубов;

				➤ обезболивание родов у рожениц с гистозом; ➤ хронический болевой синдром у больных с окклюзионными поражениями артериальной системы; ➤ хронический болевой синдром у онкологических больных. Просидол выгодно отличается от других анальгетиков (промедол, морфин, омнопон, морфин сульфат) минимальным проявлением побочных эффектов, особенно при лечении хронического болевого синдрома. При назначении буккальных таблеток просидола не наблюдалось угнетения дыхания, не было выраженного угнетающего влияния на моторику кишечника. Токсичность LD₅₀=165 мг/кг. Недостатки: Отнесен к списку наркотических. <i>Хотя случаев болезненного пристрастия (наркомании) к нему не было отмечено.</i>
--	--	--	--	--

Продолжение таблицы 1

№ пп	Фирма, страна	Виды продукции	Применение	Основные характеристики
2.	1) Грюненталь ГмбХ (Германия) 2) ОАО Органика	Трамал субстанция Трамадол	При болевом синдроме средней и сильной интенсивности (в т.ч. при злокачественных новообразованиях, травмах, в послеоперационном периоде), при проведении болезненных диагностических или терапевтических мероприятий. Потребители: медицина, ветеринария	Анальгетическое опиоидное средство центрального действия и действия на спинной мозг, общая продолжит. действия 75,0±9,1 мин. Токсичность LD ₅₀ =175 мг/кг. Недостатки: отсутствие полной анальгезии, токсичность, эйфория, эмоциональная лабильность, галлюцинации, лекарственная зависимость.
3.	1) Санавита Гезундхайтс-миттель ГмбХ и Ко.КГ 2) ОАО «Красфарма» (Россия) 3) Норс Чайна фармасютикал Хуашен КО., ЛТД (Китай)	Стрептомицин субстанция	При первичном туберкулёзе лёгких и других органов, венерической гранулемы, туляремии, чуме, бруцеллёзе. Потребители: медицина, ветеринария	Антибиотик группы аминогликозидов широкого спектра действия. Активен в отношении <i>Mycobacterium tuberculosis</i> , и грамм-отрицательных бактерий: <i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella spp.</i> , <i>Staphylococcus spp.</i> , менее активен в отношении <i>Streptococcus spp.</i> , <i>Streptococcus pneumoniae</i> . Токсичность LD ₅₀ =213,8 мг/кг. Недостатки: токсичность, нефро- и ототоксическое действие, нервно-мышечная блокада, аллергические реакции, повышение температуры до 39,8°C.
4.	1) Amoli Organics Ltd (Индия) 2) Amsal Chem Pvt Ltd (Индия) 3) Beijing Medicines & Health Products Import and Export	Изониазид субстанция	Для лечения туберкулеза всех форм локализации. Потребители: медицина, ветеринария	Противотуберкулёзный препарат. Токсичность LD ₅₀ =152,0 мг/кг, Недостатки: токсичность, резистентность к его действию, стенокардия, повышение артериального давления, токсический гепатит, аллергические реакции.

	Corporation (Китай)			
--	------------------------	--	--	--

Продолжение таблицы 1

№ пп	Фирма, страна	Виды продукции	Применение	Основные характеристики
5.	1) Polfa, Tarchomin Pharmaceutical Works SA (Польша) 2) Romferchim (Румыния) 3) Lupin Laboratories Ltd (Индия) 4) Anhui Provincial Medicines & Health Products, Import & Export Corp. (Китай)	Рифампицин субстанция	При лечении легочного и внелегочного туберкулеза	Антибиотик, обладает широким спектром действия, влияет на возбудителя туберкулеза. Токсичность LD₅₀=268 мг/кг, Недостатки: Развивается резистентность к его действию, аллергические реакции, нарушение функции печени, мышечная слабость, анемия; нарушение свертывания крови.
6.	5) Красноярская фармфабрика ГП (Россия) 6) Органика ОАО (Новокузнецк)	Левомецитин Хлорамфеникол	Инфекционно-воспалительные заболевания (брюшной тиф, дизентерия, бруцеллез, пневмония, менингит, сепсис, остеомиелит и др.); гнойные поражения кожи, фурункулы, не заживающие трофические язвы, ожоги II и III степени. Потребители: медицина, ветеринария	Антибиотик широкого спектра действия. Токсичность LD₅₀=268 мг/кг. Недостатки: тромбоцитопения, лейкопения, агранулоцитоз, анемия, тошнота, рвота, диарея, периферический неврит, неврит зрительного нерва, головная боль, депрессия, спутанность сознания, делирий, зрительные и слуховые галлюцинации, аллергические реакции. Доказана канцерогенность – в больших дозах статистически достоверно вызывает лейкемию. Запрещен в Канаде, нет в свободной продаже в Европе и США.
7.	ОАО «Органика» (Россия)	Анальгин субстанция Метамизол натрий	При болевом синдроме слабой и умеренной выраженности. Потребители: медицина, ветеринария	Анальгетическое ненаркотическое средство. Токсичность LD₅₀=1002,76 мг/кг. Недостатки: Низкая активность, снижение иммунитета и общее ослабление организма, лейкоцитопения (заболевание костного мозга), осложнения и нарушения сердечно-сосудистой и нервной системы.

				Увеличение дозировки в несколько раз грозит летальным исходом. В США, Великобритании, Швеции его продажа запрещена.
--	--	--	--	---

Продолжение таблицы 1

№ пп	Фирма, страна	Виды продукции	Применение	Основные характеристики
8.	Рихтер Гедон (Венгрия)	Левамизол субстанция	В качестве иммуномодулятора при некоторых сравнительно нетяжелых иммунодефицитных состояниях, антигельминтное средство. Потребители: медицина, ветеринария	Противогельминтное средство. Высокоэффективен при аскаридозе, обладает иммуномодулирующим действием, нормализует клеточный иммунитет. Токсичность LD ₅₀ =47 мг/кг, Недостатки: высокая токсичность, развитие гранулоцитопении, головной боли, тошноты, рвоты, диареи и др.
9.	ОАО «Органика» (Россия)	Новокаин	Инfiltrационная (в том числе внутрикостная), проводниковая, эпидуральная, спинальная и терминальная анестезия, в оториноларингологии. Потребители: медицина, ветеринария	Лекарственное средство с умеренной анестезирующей активностью, наркоманию не вызывает, низкая токсичность и большая широта терапевтического действия. Инfiltrат. анест. – 30 мин, проводник. – 42 мин. Токсичность LD ₅₀ =480 мг/кг, Недостатки: низкая активность, аллергические реакции, анафилактический шок и др.
10.	Дишман Фармасьютикалс энд Кемикалс Лимитед (Индия) Эгис Фармацевтический завод А.О. (Венгрия)	Лидокаин	Для местной анестезии, в кардиологической практике, офтальмологии, стоматологии и т.д. Потребители: медицина, ветеринария	Лекарственное средство, местный анестетик и сердечный депрессант, используемый в качестве антиаритмического средства. Обладает более интенсивным действием и более длительным эффектом, чем новокаин, но продолжительность его действия короче, чем у бупивакаина или прилокаина. Инfiltrат. анест. – 32 мин, проводник. – 90 мин. Токсичность LD ₅₀ =248,6 мг/кг, Недостатки: эйфория, головокружение, светобоязнь, невротические реакции, головная боль, тревожность, шум в ушах, диплопия, судороги, тремор, сонливость, спутанность сознания,

				паралич дыхательных мышц, остановка дыхания, блокомоторный и чувствительный, респираторный паралич, снижение артериального давления, коллапс, тахикардия брадикардия (вплоть до остановки сердца).
--	--	--	--	--

Известно, что в среднем западная инновационная компания тратит 10–15 % своего годового оборота на исследования. В последние годы Сингапур отличается идеальным симбиозом высокого качества жизни и предпринимательской активности, всплеск которой в последние годы был феноменальным. правительство Сингапура объявило, что инвестирует около \$13,2 млрд США в проведение научных исследований в стране в период с 2016 по 2020 гг. По данным Infocomm Investments, за 2011–2015 гг. правительство Сингапура выделило на поддержку исследований, инноваций и предпринимательских экосистем 16 млрд. сингапурских долларов (около \$11,5 млрд по текущему курсу). До 2018 г. в Сингапуре действует схема налогового поощрения инновационной деятельности Productivity and Innovation Credit Scheme. Она дает налоговые вычеты (предельная сумма годовых издержек, которые подпадают под эту схему, – 400 000 сингапурских долларов) и возможность получить денежную компенсацию определенных видов издержек – до 100 000 сингапурских долларов.

Есть и другая специфика в фармотрасли. Ее технологизация и коммерциализация опирается на успехи в области химии, медицины и биологии. Учитывая большую потребность в новых отечественных лекарственных средствах, в Казахстане необходимо создать научные исследовательские центры, что привело бы к тому, что в недалеком будущем Казахстан смог бы занять в международном распределении труда именно те места, где требуется создание чего-то нового. Это произойдет только в том случае, если государство будет стимулировать создание исследовательских центров, как, например, в Китае.

В этом случае необходимо консолидировать исследования химиков-синтетиков, фармакологов, биологов и медиков. Должна быть собственная база для проведения всех стадий доклинических и клинических испытаний. Поскольку существует взаимосвязь между строением и свойствами веществ, необходимо иметь оборудование для проведения физико-химических исследований.

Использование 1-(2-этоксиэтил)пиперидона и его гомологов в качестве синтонов существенным образом отличается от принятых подходов к синтезу фармакологически активных соединений обеспечивает новизну исследований и их кардинальное отличие от аналогичных исследований, проводимыми зарубежными исследовательскими группами.

Закключение. В ЛХСиПЛВ имеются перспективные разработки, в том числе и в области нанотехнологий, которые зачастую не находят практической (и коммерческой) реализации в виде готовых продуктов. Среди основных проблем стоит отметить несопоставимо низкое по сравнению с развитыми странами финансирование науки и образования, отсутствие необходимой инновационной инфраструктуры, дефицит научных кадров, слабую заинтересованность отечественного бизнеса в инновациях. Хотя в целом фармацевтическая отрасль Казахстана заинтересована в создании новых отечественных лекарственных средств и ЛХСиПЛВ имеет все шансы выйти на коммерциализацию своих разработок.

На основе впервые синтезированных в лаборатории стартовых азациклических кетонов разработаны фундаментальные основы и нетривиальные подходы к молекулярному дизайну оригинальных (уникальных) отечественных систем для практической медицины и ветеринарии (иммуномодуляторы, антигистаминные (противоаллергические), обезболивающие, антиаритмические, антибактериальные средства. Для «доведения» их до «аптеки» необходимо создание крупных специализированных исследовательских центров, включающих многогранный и разносторонний комплекс исследований.

Таким образом, государственная лекарственная политика должна быть направлена на обеспечение стратегической доступности необходимых лекарственных средств, в том числе за счет создания новых лекарственных препаратов, разработанных и произведённых на территории Казахстана.

Литература:

1. Михайлова Е. А. Основы бенчмаркинга: эволюция концепций качества // Менеджмент в России и за рубежом. – 2001. – № 2. – С. 114–121.
2. Рейдер Р. Бенчмаркинг как инструмент определения стратегии и повышения прибыли. – М: Стандарты и качество, 2007. – 248 с.
3. Стариков В. В. Бенчмаркинг – путь к совершенству // Маркетинг в России и за рубежом. – 2006. – № 4. – С.12–18.
4. <https://www.irkinstchem.ru/index.php/ru/razrabotki-i-innovatsii/vnedrennye/other-irich/38-razrabotki-i-innovatsii/vnedrennye/drugs>
5. <http://orchemed-bdcholding.ruprom.net/>
6. <http://www.ipac.ac.ru/>
7. <http://zioc.ru/>
8. <https://ineos.ac.ru>
9. <http://iopc.ru>
10. <http://web.nioch.nsc.ru/nioch/>
11. <http://www.phyto.kz/ru/>
12. Лин А.А., Соколова С.В., Шестаков В.Н. Фармацевтический рынок: сектор научных исследований и разработок // Проблемы современной экономики. – 2015. – № 3 (55). – С.327 – 332.
13. Patent KZ №527 (Pat.Ru №1262908; Pat. Switzerland №6786224; Pat.Italy 1232984; Pat.UK 2234241; Pat. Fr. №2650999Ф; Pat DE 3924466) Hydrochloride of 1-(2-ethoxyethyl)-4-phenyl-4-propionyloxypiperidine possess analgesic activity//Praliyev K.D.; Yu V.K.; Sokolov D.V.; Bosyakov Yu.G.; Kurilenko V.M.; Hklienکو Zh.N.; Moiseeva L.M.; Tetenchuk E.D.; Nurahov S.H. Publ.27.07.93. Bull. №1.

Поступила 10 мая 2017 г.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

МРНТИ 73.01.77

УДК 656. 13. 055

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ В ГОРОДАХ**

Абеджанова А.С.¹, Абеджанов А.С.²

¹*Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д.Серикбаева,*

²*Усть-Каменогорский титано-магнелиевый комбинат,*

Усть-Каменогорск, Республика Казахстан

e-mail: ms.abedzhanova@mail.ru

Статья посвящена вопросам управления транспортными потоками и моделирования дорожного движения на регулируемых пересечениях. Для повышения эффективности управления транспортными потоками рассматриваются вопросы использования метода и алгоритма имитационного моделирования дорожного движения. Имитационные методы оказываются наиболее эффективными при исследовании системы в динамике. В данной статье предлагается методология эффективного управления транспортным потоком на перекрестке. Для ее реализации разработан новый алгоритм локального управления транспортным потоком. Выполнен анализ существующих и вновь разработанных управляющих алгоритмов. Предлагается имитационная модель дорожного движения. Даны практические рекомендации по совершенствованию методов локального управления транспортным потоком с использованием ЭВМ.

Ключевые слова: *дорожное движение, моделирование дорожного движения, транспортный поток, локальное управление, заторовые ситуации, детектор транспорта, экспериментальные исследования.*

Мақала көлік ағындарды басқару және реттелетін қиылыстарда жол жүрісін модельдеу. Көлік ағындарды басқару тиімділігін арттыру үшін жол жүрісін имитациялық модельдеудің әдісі және алгоритм пайдалану мәселелері қарастырылады. Жүйенің динамикасын зерттеу кезінде имитациялық әдістері неғұрлым тиімді екенің көрсетеді. Бұл мақалада қиылыста көлік ағындарды тиімді басқару әдіснамасы ұсынылып отыр. Оны іске асыру үшін көлік ағындарды жергілікті басқару жаңа алгоритм әзірленген. Қолданыстағы және жаңадан әзірленген басқарушы алгоритмдерге талдау жасалған. ЭЕМ пайдалана отырып көлік ағындарды жергілікті басқару әдістерін жетілдіру бойынша тәжірибелік ұсыныстар берілді.

Тірек сөздер: *жол жүрісі, жол жүрісін модельдеу, көлік ағыны, жергілікті басқару, бөгіліс жағдай, көлік детекторлары, эксперименттік зерттеулер.*

The article is devoted to the issues of traffic flow management and traffic modeling at regulated intersections. To improve the efficiency of traffic flow management, the use of the method and algorithm for simulation of traffic is considered. Simulation methods are most effective in researching the system in dynamics. This article proposes a methodology for the effective management of traffic flow at the crossroads. For its implementation, a new algorithm for local control of traffic flow has been developed. The analysis of

existing and newly developed control algorithms is performed. Imitating model of traffic is offered. Practical recommendations for improving the methods of local control of traffic flow with the use of a computer are given.

Keywords: *road traffic, modeling of road traffic, traffic flow, local management, bottle necks, transport detector, experimental research.*

Введение. Одним из путей решения проблемы повышения эффективности функционирования дорожного движения считается разработка и использование методов и алгоритмов локального адаптивного управления. Из известных алгоритмов локального адаптивного управления наиболее полно проработан и технически реализован лишь алгоритм поиска разрывов в транспортном потоке. Он обеспечивает эффективное управление транспортными потоками при малых и средних значениях интенсивности движения. Другие алгоритмы ранее рассматривались лишь теоретически, однако, с появлением современных ЭВМ и видеодетекторов транспорта стало их практическая реализация.

Совершенствование алгоритмов и методов адаптивного управления на изолированном перекрестке будет способствовать снижению времени задержек транспортных средств, повышению безопасности движения транспортных средств и пешеходов.

Существующие методы локального управления. Различают жесткие программные и адаптивные методы локального управления. Жесткое программное управление основано на предположении статистической устойчивости характеристик транспортных потоков. Жесткое программное управление способствует снижению задержки транспортных средств, однако, оно не позволяет добиться достаточной эффективности из-за временной и пространственной неравномерности транспортных и пешеходных потоков. Однако наблюдаемое в течение суток изменение интенсивности движения требует соответствующего изменения длительности параметров цикла регулирования. В противном случае задержка транспортных средств на изолированных перекрестках неоправданно возрастает [1].

В современных условиях более актуальными становятся вопросы использования адаптивного управления дорожным движением. Суть адаптивного управления заключается в оперативном расчете или коррекции управляющих воздействии на основе данных натурных наблюдений и анализа характеристик транспортного потока.

В существующей практике предусматривается отдельное и совместное применение жестких программных и адаптивных методов управления.

Рассмотрим основные методы адаптивного управления транспортными потоками на изолированных перекрестках.

Локальное адаптивное управление. Данный метод объединяет методы управления на изолированном перекрестке, когда запаздыванием выработки управляющих воздействии по отношению к измерению и анализу характеристик можно пренебречь [2].

Современный подход к исследованию проблем управления транспортными потоками предусматривает широкое использование математических методов и ЭВМ, которые используются для исследования закономерности дорожного движения и решения задач локального управления на улично-дорожной сети. Моделированию отводится основная роль при имитации процесса дорожного движения и оптимизации транспортных систем городов.

Все большее значение приобретают имитационные методы исследования систем. Сущность таких методов заключается в искусственном воспроизведении реальных процессов с помощью специально построенной математической модели в памяти ЭВМ. Они позволяют, минуя натуральный эксперимент и не прибегая к сложным, трудно осуществимым аналитическим исследованиям, оценивать эффективность различных предполагаемых вариантов с целью выбора из них наиболее приемлемого с точки зрения определенного критерия оптимальности.

Имитационные методы оказываются наиболее эффективными при исследовании системы в динамике. Поэтому они могут применяться во многих случаях, когда использование математических методов решения статистических задач не приводит к желаемым результатам. Предвидение результата динамического процесса оказывается наиболее трудным, когда в функционировании системы принимают участие случайные факторы. Именно в этих случаях имитационные методы оказываются самыми результативными. Таким образом, очень важным направлением имитационных методов в экономике являются методы воспроизведения и оптимизации динамических процессов с учетом влияния вероятностных факторов, т.е. методы статистического моделирования [3].

Имитационное моделирование является мощным средством решения проблем, которые невозможно решить аналитически. Оно обладает следующими свойствами:

- так как собирается огромный объем информации, то появляется возможность выполнения детального анализа явлений и проникновения в сущность исследуемого процесса, которые невозможны при обычном натурном эксперименте [4];
- появляется возможность появления таких экспериментов, которые невозможны, проводить на реальных дорожных сетях;
- появляется возможность прогнозирования и анализа разнообразных ситуаций, которые могут случиться в будущем, но еще не случались на практике;
- долговременные явления и процессы в реальной системе могут быть проанализированы за короткий промежуток времени;
- возможно оценить важность отдельных параметров, что облегчает создание теоретических моделей.

К основным процедурам имитационного моделированного относятся следующие режимы движения: свободное движение; движением за лидером; ускоренное движение; переход на соседнюю полосу; торможение на запрещающий сигнал светофора; экстренное торможение перед точкой конфликта; зона перекрестка; зона формирования ТП.

Существующие алгоритмы локального управления это набор взаимно увязанных алгоритмов управления движением, который образует алгоритмическое обеспечение системы, составляющее часть математического обеспечения автоматизированной системы управления движением, поскольку каждый из алгоритмов управления является основой соответствующей технологической программы.

В отличие от многих технологических процессов автоматизация управления светофорной сигнализацией на регулируемых перекрестках развивалась путем создания алгоритмов, разработанных на основе инженерной интуиции с использованием индивидуальных особенностей каждой решаемой задачи и ранее приобретенного опыта.

Наибольшее распространение получили те, которые с изменением длительности отдельных тактов и цикла производятся по одному из четырех алгоритмов регулирования: регулирование

с жестким циклом, регулирование с оценкой длины очереди, регулирование по минимуму средней задержки [4].

В работе [5] предлагается методология эффективного управления ТП на перекрестке.

Транспортная ситуация на регулируемом перекрестке в момент времени t описывается вектором состояния

$$\bar{Y}(t) = \{Y_1(t), Y_2(t), \dots, Y_i(t), \dots, Y_m(t)\}, \quad (1.1)$$

компонента, которого обозначают число транспортных средств в текущий момент на отдельных подходах к перекрестку, определяемых количеством прибывающих и убывающих ТС.

На состояние ТП оказывает воздействие управление $U(i)$, выбранное из множества возможных управлений. Следовательно, в момент времени $t + \Delta t$ состояние ТП $\bar{Y}(t + \Delta t)$ определяется, с одной стороны, вектором $\bar{Y}(t)$, с другой – управляющим воздействием $\bar{U}(t)$:

$$\bar{Y}(t + \Delta t) = f\{\bar{Y}(t); \bar{U}(t)\}. \quad (1.2)$$

Изменения состояния ТП характеризуются скоростью изменения переменных состояния во времени и описываются с помощью дифференциальных уравнений

$$\frac{d\bar{Y}_n(t)}{dt} = f_n\{\bar{Y}_1(t), \dots, \bar{Y}_m(t), \dots, \bar{U}_m(t); t\}, \quad (1.3)$$

где $\bar{Y}_n$ – множество допустимых состояний ТП,

$\frac{d\bar{Y}_n(t)}{dt}$ – скорость изменения переменных состояния;

$\bar{U}_n$ – множество допустимых управлений.

Система дифференцированных уравнений, позволяющая связать данные регулируемого перекрестка и, следовательно, являющаяся его аналитической моделью, записывается следующим образом;

$$V_i t : N_i(t) \geq 0, \quad \frac{dN_i(t)}{dt} = V_i(t) - S_i(t)U_i(t), \quad N_i(0) = N_i^0, \quad (1.4)$$

где $N_i(t)$, $V_i(t)$, $S_i(t)$ – соответственно, число ТС в очереди, число прибывающих ТС и поток насыщения по i -ому направлению движения в момент времени t ;

$U_i(t)$ – управляющая функция, принимающая в момент времени t значение 1 при зеленом сигнале и 0 – при красном.

Решение оптимизационной задачи с помощью данной модели сводится к решению системы уравнений, что представляет довольно сложную задачу. Поэтому целесообразно исследование системы, описываемой уравнением (1.4) осуществить, используя возможности ЭВМ, с помощью имитационного моделирования.

В процессе исследования следует, что в режиме разъезда очереди наиболее эффективны алгоритмы ПКО (для малых значений интенсивности движения ТС) и БСА (в области средних интенсивностей движения ТС). Области наибольших интенсивностей движения ТС на перекрестке наименьшая средняя задержка соответствует управлению по алгоритму ЛОО. Совокупность данных алгоритмов позволяет создать метод локального адаптивного управления эффективный по всем диапазонам реально наблюдаемых интенсивностей движения.

При этом величина основного критерия эффективности алгоритмов – средней задержки – свидетельствует о том, что применение любого из рассматриваемых «адаптивных» алгоритмов улучшает, как следовало ожидать, качество регулирования на изолированном перекрестке по сравнению с жестким режимом. С ростом интенсивности движения растет разность между величинами задержек при жестком и адаптивном управлении, что подтверждает теоретическую концепцию об эффективности «адаптивных» алгоритмов управления.

Для повышения качества локального управления ТП актуальной является задача создания методов и алгоритмов, обеспечивающих эффективное управление во всем диапазоне изменяющихся условий движения на перекрестке. К более совершенствованным методам адаптивного управления, которые были выше приведены, относятся модели, описанные в работе [6]. Дальнейшая практическая реализация этой модели является использование ЭВМ, позволяющая на основе дифференцированного подхода к оценке процесса движения ТС, выбрать из заданных режимов управления наиболее эффективный.

Светофорная сигнализация на перекрестке, удаленном на существенные расстояния от других регулируемых перекрестков, может быть управляться независимо. Авторами книги «Управление дорожным движением» Х. Иносе и Т. Хамада предлагают следующие методы управления [3]. Алгоритмы управления для изолированных перекрестков делят на два класса. Первый состоит из методов определения управляющих параметров, т.е. длительности цикла и распределения периодов в пределах цикла согласно средним характеристикам ТП, в то время как второй класс состоит из методов переключения сигналов светофоров в соответствии с мгновенным (реальный масштаб времени) поведением ТП. В любом случае разумно управлять сигналами светофоров согласно критерию минимума суммарных задержек на перекрестке.

Управление, основанное на средних характеристиках ТП. Длительность цикла и распределение периодов внутри цикла определяются на основе средних характеристик ТП, можно заставить эти управляющие параметры “отслеживать” постепенное изменение характеристик ТП в течение, оставаясь в рамках подхода, основанное на динамике средних значений.

На перекрестке обозначают число полос движения в одном направлении дорог n_1 и n_2 , q_1 , q_1' , q_2 , q_2' - интенсивности прибытия ТС к перекрестку. Принимают, что пропускная способность полосы движения на дорогах одинакова и равна q_m и используют макроскопическую модель ТП. Пропускная способность на перекрестке определяют по следующей формуле:

$$G_i = n_i q_M (g_i - L/T), \quad (1.5)$$

где L – потерянное время;

T – длительность цикла;

g_i – распределение периодов в цикле для i –го направления движения.

Средняя задержка, выведенная с помощью макроскопической модели (1.6):

$$W_i = \frac{(1 - g_i)^2 T q_i}{2(1 - p_i / n_i)} + \frac{q_i' (1 - g_i)^2 T}{2(1 - p_i' / n_i)}, \quad (1.6)$$

где p_i, p_i' – относительная интенсивность, которая определяется как отношение q_i на q_M .

Значения T и g_i могут быть найдены следующим образом:

$$T = \frac{2L}{1 - \frac{p_1}{n_1} - \frac{p_2}{n_2}}, \quad (1.7)$$

$$g_i = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{p_1}{n_1} - \frac{p_2}{n_2} \right), \quad (1.8)$$

Управление основанно на фактическом поведении отдельных ТС. Достижение высокоэффективного использования периода горения зеленого сигнала возможно путем переключения сигналов светофоров согласно фактическому поведению каждого индивидуального ТС [3].

Основная часть. В данной работе предлагается имитационная модель регулируемого перекрестка. Светофорная сигнализация на перекрестке может управляться независимо. Алгоритмы управления для изолированных перекрестков состоят из методов переключения сигналов светофоров в соответствии с мгновенным (реальный масштаб времени) поведением транспортного потока. В любом случае разумно управлять сигналами светофоров согласно критерию минимума суммарных задержек на перекрестке.

Достижение высокоэффективного использования периода горения зеленого сигнала возможно согласно фактическому поведению ТП. Для реализации данного алгоритма используется возможность работы с помощью персональных компьютеров, работающих в реальном масштабе времени.

Рассмотрим алгоритм моделирования работы перекрестка. Данный алгоритм используется на всех направлениях движения перекрестка (обычно четыре подхода), происходит с полной адаптацией к транспортному спросу.

Время моделирования разбивается на такты равной длительности, которые выбираются таким образом, чтобы вероятность прибытия одного ТС в составе i -й группы в течение выбранного промежутка времени.

В ходе такта моделирования в зависимости от исхода розыгрыша прибытия ТС по каждому направлению изменяются следующие контролируемые параметры работы перекрестка:

- 1) количество ТС в очереди;

- 2) количество ТС, проехавших за зеленый сигнал светофора;
- 3) число, обслуженных ТС;
- 4) средняя задержка;

Следует сказать, что в зависимости от характера прибытия ТС к перекрестку длительность периода горения зеленого сигнала G имеет минимальную G_m и максимальную G_M величины.

Длительность периода горения зеленого сигнала гарантированно равна G_m , а по истечении этого времени в случае регистрации ТС таймером время действия периода удлиняется на небольшой интервал, величиной dor и. Каждое срабатывание таймера в период горения зеленого сигнала удлиняет его, но не более чем до момента максимальной величины G_M . Если за время очередного удлинения, т.е. за интервал dor и, таймер данного направления не зарегистрирует ТС, то зеленый сигнал сменяется на красный через желтый. При этом диктует необходимость ограничения длительности этого периода минимальной и максимальной величинами, что гарантирует возможность безопасного пересечения проезжей части пешеходами и предохраняет от появления чересчур длинных циклов регулирования.

В предлагаемой программе приняты следующие условные обозначения:

T – время наблюдения;

t – время внутри периода наблюдения;

τ – интервал таймера, к событию которого привязана получение случайных чисел (появление ТС);

τ_1 – интервал таймера, к событию которого привязано переключение светофора, интервал которого меняется в зависимости от числа остановившихся ТС;

τ_{gr} – интервал, при котором горит зеленый сигнал светофора;

τ_{red} – интервал, при котором горит красный сигнал светофора;

τ_{yel} – интервал, при котором горит желтый сигнал светофора;

τ_o – минимальный интервал, при котором горит красный или зеленый сигнал светофора;

Dor – дополнительное время, которое перераспределяется внутри цикла регулирования между тактами;

$SV1$ – светофор первого подхода;

$SV2$ – светофор второго подхода;

$SV3$ – светофор третьего подхода;

$SV4$ – светофор четвертого подхода;

A_i ($i=1, \dots, 4$) – число ТС, появившихся на i -том подходе;

Z_i ($i=1, \dots, 4$) – число ТС, остановившихся на i -том подходе;

P_i ($i=1, \dots, 4$) – интенсивность движения ТС.

Результаты моделирования. На основе анализа существующих алгоритмов локального управления была разработана и предложена программа, моделирующая работу регулируемого перекрестка.

Программа состоит из двух частей: первая часть имитирует работу светофоров, а вторая часть содержит четыре генератора интенсивности движения транспортных средств на подходах к перекрестку, в зависимости от исходных данных, и алгоритм, осуществляющий коррекцию параметров светофорного регулирования. В качестве исходного перекрестка выбран четырехсторонний перекресток с двухсторонним движением, при этом число полос на подходах в расчет не принимается. В качестве исходных данных используется: приведенная

интенсивность движения транспортных средств на подходах, длительность такта моделирования, время моделирования, минимальная и максимальная длительность основного такта.

После запуска программы на экран выводится главное окно, которое приведено на рисунке 1. Данное окно содержит информацию о уже проведенных процессах моделирования, а также кнопки, позволяющие вывести отчет, график, начать ввод исходных данных или выйти из программы. После нажатия на кнопку «Новый» появляется окно ввода исходных данных, где программа предлагает пользователю ввести длительности основных и промежуточных тактов, максимальное увеличение длительности основных тактов, длительность периода наблюдения, длительность такта моделирования, и значения приведенной интенсивности движения транспортных средств на подходах к перекрестку.

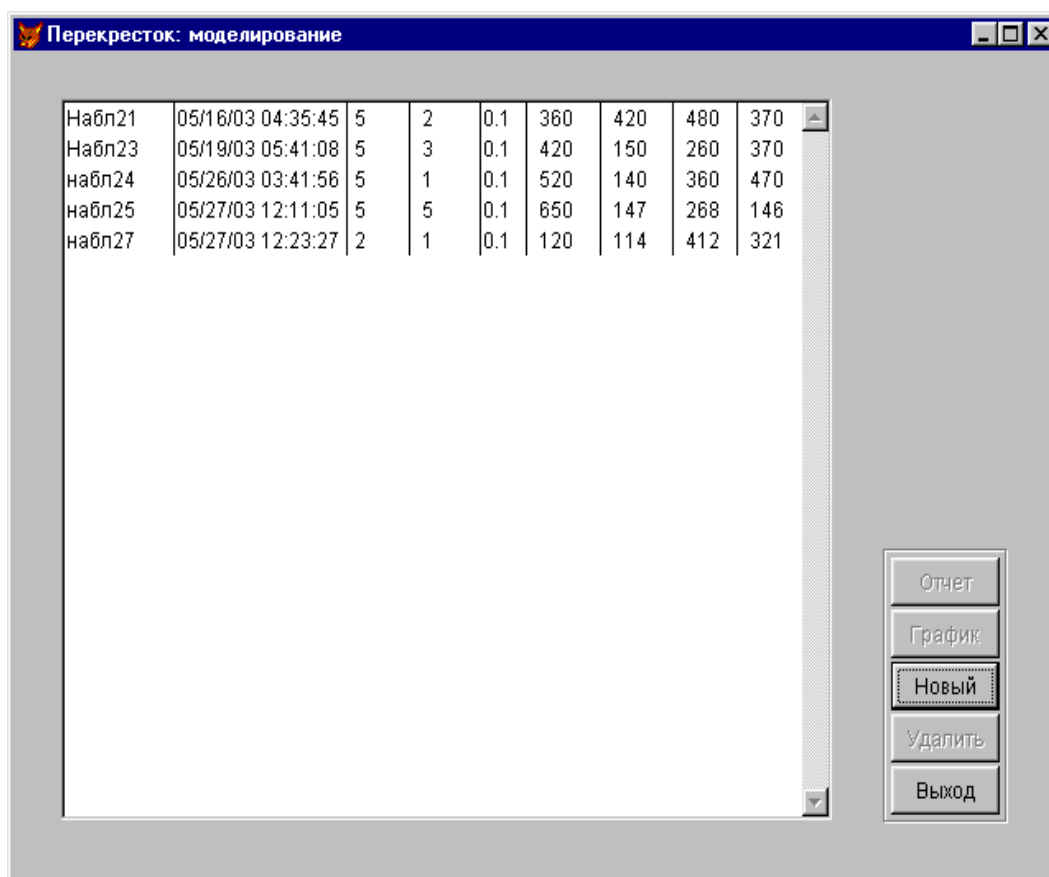


Рисунок 1 – Главное окно программы

После завершения ввода исходных данных необходимо нажать на кнопку «Пуск», после чего непосредственно начнется процесс моделирования, который протекает в реальном времени (в зависимости от длительности такта моделирования) и отображается на экране. После завершения моделирования работы регулируемого перекрестка программа формирует отчет, содержащий результаты моделирования и графики.

Закключение. Современные темпы автомобилизации определяют необходимость совершенствования методов локального управления ТП, в том числе и на перекрестке.

Практическое применение в настоящее время получили методы, реализуемые с помощью алгоритмов программного управления и алгоритма поиска разрыва в ТП, имеющие узкий диапазон эффективного использования.

Для повышения качества локального управления ТП актуальной является задача создания методов и алгоритмов, обеспечивающих эффективное управление во всем диапазоне изменяющихся условий движения на перекрестке. Необходимые предпосылки практической их реализации — использование ЭВМ программной логики. Применение ЭВМ позволяет использовать алгоритмы, реализующие управление ТП в реальном масштабе времени.

Аналитический подход к исследованию методов и алгоритмов локального управления вызывает значительные трудности, поэтому предлагается имитационная модель неоднородного ТП на перекрестке с адаптивным управлением, которая позволяет адекватно описать процесс дорожного движения.

Обобщение результатов имитационного моделирования позволило выявить по критерию транспортной задержки области наиболее эффективного применения разработанного алгоритма. Экспериментальные исследования подтвердили выводы, полученные при моделировании процессов адаптивного управления. Важным этапом в решение задачи организации оптимального управления ТП в условиях интенсивного движения по улицам городов является нахождения наилучшего режима регулирования на изолированном перекрестке. И как было выше сказано, что аналитическое моделирование позволяет находить лишь приближенное решение задачи, а имитационное моделирование это аналог экспериментальных исследований, который не требует создания специальных установок для исследования, он обеспечивает простоту, оперативность и незначительную стоимость исследований. С помощью имитационного моделирования можно проанализировать функционирование реальных систем в условиях, недоступных натурному эксперименту.

Использование алгоритмов и методов адаптивного управления на изолированном перекрестке будет способствовать снижению времени задержки на перекрестке транспортных средств и повышению безопасности движения транспортных средств и пешеходов. Иными словами, инновационный подход к совершенствованию методов и алгоритмов управления дорожным движением является внедрение системы в целом, как например «SMART-traffic».

Литература:

1. Брайловский Н. О., Грановский Б. И. Моделирование транспортных систем. – М.: Транспорт, 1978. – 120 с.
2. Гаврилов А. А. Моделирование дорожного движения. – М.: Транспорт, 1980. – 189 с.
3. Иносе Х., Хамада Т. Управление дорожным движением / Под ред. М. Я. Блинкина: Пер. с англ. – М.: Транспорт. – 1983. – 248 с.
4. Капитанов В. Т., Хилажев Е. Б. Управление транспортными потоками в городах. – М.: Транспорт, 1985. – 94 с.
5. Космачев А. Н. Совершенствование методов локального адаптивного управления транспортными потоками: Автореферат дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – М.: Мади, 1991. – 19 с.
6. Бекмагамбетов М.М., Кочетков А.В. Анализ современных программных средств транспортного моделирования // Журнал ААИ. Исследования, конструкции, технологии. – 2012. – №6 (77). – С. 25–34.

Поступила 8 мая 2017 г.

МРНТИ 70.94.15
УДК 556.182:338

ОБ ОРГАНИЗАЦИИ НОРМИРОВАНИЯ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Баймухамбетов А.А.¹, Аширяев К.Ш.¹

¹Казахский национальный исследовательский технический университет
им. К.И. Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан
e-mail: asset.baimuhambetov@mail.ru

В статье рассмотрены основные цели нормирования водопользования. Сформулированы основные требования к нормированию водопотребления и водоотведения в промышленности черной металлургии. Описаны задачи подготовительных работ по внедрению системы технико-экономических норм и нормативов на предприятии. Также указаны этапы необходимых мероприятий по рациональному использованию и охране водных ресурсов. Приведены значения данных мероприятий для сокращения водопотребления на предприятии. Описано производство железного концентрата предприятия ТОО «IronConcentrateCompany». Разработаны удельные нормы водопотребления и водоотведения на единицу продукции предприятия ТОО «IronConcentrateCompany».

Ключевые слова: организация нормирования, персонал водопроводно-канализационного хозяйства, нормы и нормативы, водный баланс, план мероприятий, рациональное использование, замкнутые бессточные системы водоснабжения.

Мақалада негізгі мақсаты нормалау су пайдалану қаралды. Өнеркәсібі қара металлургия негізгі талаптар нормалау су тұтынудың және су бұрудың тұжырымдалған қойылатын. Кәсіпорында дайындық техникалық-экономикалық нормалар мен нормативтер жұмыстарының жүйесін енгізу бойынша міндеттер сипатталған. Сондай-ақ, кезеңдері бойынша қажетті іс-шаралардың ұтымды пайдалану және су ресурстарын қорғау көрсетілген. Кәсіпорында суды пайдалану азайту үшін бар іс-шараларды маңызы келтірілген. Кәсіпорында суды тұтынудың қысқаруына мәні. Темір концентратын кәсіпорны «Iron Concentrate Company» ЖШС өндіру сипатталған. «Iron Concentrate Company» ЖШС кәсіпорын бірлігіне өнім үлестік нормалары су тұтыну және су бұру әзірленді.

Тірек сөздер: ұйымдастыру нормалау, су құбыры-кәріз шаруашылығы персоналы, нормалар мен нормативтер, су балансы, іс-шаралар жоспары, ұтымды пайдалану, тұйық ағынсыз сумен жабдықтау жүйесін.

The primary purposes of setting of norms of water consumption are considered in the article. The basic requirements are set forth to setting of norms of water consumption and wastewater in industry of ferrous metallurgy. The tasks of first-minings are described on introduction of the system of mtechnical and economic norms and norms on an enterprise. The stages of necessary events are also indicated on the rational use and guard of water resources. Necessity of everyday control after implementation of norms on an enterprise. Values over of these events are brought for reduction of water consumption on an enterprise. The production of ferrous concentrate of enterprise of LLP «Iron Concentrate Company» is described. The specific norms of water consumption and wastewater on unit of products of enterprise of LLP «Iron Concentrate Company» are worked out.

Keywords: organization of setting of norms, personnel of plumbing-sewage economy, norms and norms, water balance, plan of events, rational use, internal-drainage close system of water-supply.

Введение. Организация нормирования водопотребления и водоотведения на предприятиях входит в число основных обязанностей персонала водопроводно-канализационного хозяйства. Правильно поставленная система нормирования водопотребления и водоотведения является основой для разработки мероприятий по экономии и охране водных ресурсов, улучшению использования не только водопроводно-канализационного, но и производственного оборудования, что в конечном счете приводит к снижению затрат на выпуски основной продукции предприятия.

Главная цель нормирования водопользования состоит в разработке технически и экономически обоснованных норм расхода воды на отдельные производственные операции процессы, детали и изделия.

Основная часть. В своей повседневной практической работе персонал водопроводно-канализационного хозяйства использует нормы водопользования в качестве технической базы для:

- а) планирования водоснабжения и водоотведения на предприятии и анализа использования вод;
- б) разработки планов организационно-технических мероприятий по экономии и охране вод и оценки фактического выполнения разработанных планов;
- в) оценки работы персонала в области использования и охраны вод и премирования рабочих и инженерно-технических работников за достигнутую экономию свежей ж снижение сброса загрязненных сточных вод.

Основные требования к нормированию могут быть сформулированы следующим образом:

1. Нормы водопользования признаны отражать прогрессивный уровень использования воды, соответствующий новейшей технологии и организации производства и водоохраны.
2. Система нормирования расходов воды подлежит увязке с системой планирования основного производства и с системой хозяйственного руководства предприятием.
3. Система нормирования расходов воды должна быть согласована с системой учета расходов воды на нужды основного производства.
4. Нормированием расходов воды необходимо охватить все участки производства, но степень дифференцирования и точность норм должна зависеть от того, каков удельный вес данного производственного участка в водном балансе предприятия (завода).
5. Структура норм водопользования, представляющая собой перечень всех статей расхода воды на производство данного вида продукции, должна устанавливаться, исходя из специфики организации и технологии производства данного вида продукции, из характера и назначения нормы, из условий полного охвата всех статей расхода воды. Родственные предприятия должны иметь единую структуру норм потребления.
6. Нормы водопользования подлежат периодическому пересмотру и уточнению в соответствии с меняющимися условиями производства номенклатуры ассортимента выпускаемой продукции, качества сырья и материалов и т.д. Пересмотр удельных норм может выражаться как в сторону их уменьшения, так и в сторону их увеличения.

Нормированию водопотребления и водоотведения должна предшествовать серьезная подготовительная работа, к участию в которой должны быть привлечены не только сантехники и энергетики, но и технологи предприятий.

Задачей подготовительных работ по внедрению системы технико-экономических норм и нормативов на предприятии является охват производства нормализованными водными характеристиками и составление плана конкретных мероприятий по рациональному использованию и охране водных ресурсов. Эту работу чрезвычайно желательно увязать с работой по пересмотру технологических процессов и интенсификации производства.

Примерная программа работ по охвату производства водными характеристиками и составлению плана мероприятий по рациональному использованию и охране водных ресурсов включает в себя следующие разделы (этапы работы):

- Проведение общего обследования водопроводно-канализационного хозяйства предприятия и составление общего плана подготовительных работ, детализированного в сроках, лицах и отдельных мероприятиях.

Здесь в первую очередь имеется в виду обследование систем учета производственной и сточной воды с точки зрения их соответствия требованиям дифференцированного контроля за водопотреблением и водоотведением на отдельных участках. Составление на этой основе необходимых изменений в схемах учета и дооборудования системы учета приборами контроля и учета в меру конкретных возможностей предприятия.

- Вторым моментом этого этапа работ является обследование технического состояния сантехнического оборудования, сетевого хозяйства, регулирующих емкостей и т.п. и выявление на этой основе источников излишних потерь воды.

- Третьим важным моментом является анализ фактических водных балансов предприятия в связи со структурой технологических процессов на разных участках производства. В итоге этой работы должны быть установлены участки производства, имеющие наибольший удельный вес в потреблении и отведении воды, а также участки, где заложены основные резервы возможного сокращения расхода воды и сброса сточных вод за счет улучшения технологии и организации производства.

В результате проведенного обследования необходимо решить ряд важных вопросов, связанных с проведением дальнейших работ, а именно:

а) какие операции и участки производства (отдельные агрегаты, переделы) в силу их водоемкости в совокупном производственном процессе должны быть подвергнуты наиболее полным испытаниям как с водохозяйственной, так и с технологической стороны, и обеспечены отдельным учетом воды. А также что конкретно для этого необходимо (т.е. какие для этого понадобятся приборы, какие потребуются переделки схемы и т.п.);

б) какие участки производства в силу их малой водоемкости и меньшей значимости могут быть исследованы более упрощенно и охвачены групповым учетом расходов воды. А также что для этого необходимо (т.е. какие отдельные замеры для этого потребуются, какие материалы могут быть использованы для построения групповых характеристик и какие данные для этого потребуются и т.д.);

в) какие участки производства ввиду невозможности организации специальных замеров и осуществления дифференцированного учета на данном этапе должны быть охвачены расчетными методами построения водных характеристик, и какие данные для этого потребуются и др.

При решении рассматриваемых вопросов необходимо исходить от реальных возможностей каждого предприятия в отношении не только наличия необходимых приборов учета и контроля, но и персонала, который может быть выделен для проведения этих работ. В этой

связи в план первоначальных работ, очевидно, необходимо ввести работы на решающих участках производства и водного хозяйства, а остальные работы фиксировать как работы второй очереди.

Проведение общего обследования водопроводно-канализационного хозяйства и составление его на основе общего плана указанных подготовительных работ необходимо поручить ответственным и наиболее квалифицированным работникам отдела главного энергетика и бюро подготовки производства и возглавить главным энергетиком предприятия. Составленный план работ должен быть обсужден на совещании у директора или главного инженера предприятия и утвержден последним.

Второй этап работы связан с осуществлением необходимых изменений и дополнений к системе учета воды предприятия и подготовкой к проведению намеченных планов испытаний оборудования и замеров. Параллельно с указанными работами целесообразно организовать подбор и систематизацию ряда материалов, которые потребуются для построения водных характеристик расчетным способом и главное материалов, необходимых для установления и оценки факторов изменения удельных расходов воды на различных участках производства.

К таким материалам относятся:

- а) данные общезаводского и цехового (суточного и месячного) учета о выпуске и ассортименте продукции за период 6-12 месяцев;
- б) данные бюро подготовки производства и ТНБ о нормальных технологических процессах (технологические карты), имеющиеся данные хронометра отдельных процессов, а также данные о выполнении норм выработки и т.п.;
- в) данные бухгалтерии предприятия по балансу сырья и основных материалов, расходуемых на производстве, а также данные об изменениях по месяцам остатка незавершенного производства в цехах и предприятию в целом;
- г) данные завода о размерах и причинах брака продукции по цехам, участкам и переделам;
- д) паспортные данные технического отдела, об оборудовании (сантехническом и технологическом), а также в нужных случаях чертеж оборудования и др.

Третьим этапом работы является проведение намеченных планом испытаний оборудования и замеров расходов воды по отдельным водоемким агрегатам и целым участкам производства с параллельным осуществлением хронометража основных операций и анализом организации производства и технологии на каждом участке.

Указанная работа является наиболее важным звеном во всем комплексе подготовительных работ, т.к. именно она должна вскрыть конкретные источники излишних потерь и расходов воды и дать основу для составления плана мероприятий по экономии воды. Рассматриваемая работа должна проводиться, как правило, совместно водниками и технологами.

В итоге этого этапа работы должны быть установлены наивыгоднейшие режимы и графики работы оборудования, нормализование его загрузки по мощности и во времени и установлены (запроектированы) конкретные технические и организационные мероприятия по интенсификации процессов и экономии воды. Соответствующая обработка полученных при этом данных должна послужить основой для построения нормальных водных характеристик по отдельным водоемким агрегатам-операциям и отдельным участкам производства.

Одновременно может быть проведена работа и по построению водных характеристик расчетным и аналитическим путем по тем участкам производства, которые согласно

составленному плану первоочередных работ на данном этапе не могут быть охвачены испытаниями.

Четвертый этап является заключительным в комплексе подготовительных работ и включает в себя:

- а) расчет эффективности и оформление плана мероприятия по экономии воды;
- б) построение нормальных водных характеристик на продукцию цехов и на продукцию завода в целом;
- в) установление норм удельных расходов воды по отдельным участкам производства, цехам и заводу в целом на основе построенных водных характеристик и в соответствии с программой предприятий на предстоящий период;
- г) составление нормального водного баланса предприятия применительно к программе предстоящего периода по установленным нормам;
- д) формулировку общих выводов, предложений и методических указаний по вопросам рационального использования воды: организации учета, нормирования, контроля, планирования, анализа водопотребления и водоотведения, а также соображений по внедрению эффективных систем премирования отдельных групп персонала за экономию воды применительно к конкретным условиям данного предприятия.

После утверждения плана мероприятий по рациональному использованию и охране водных ресурсов и установленных норм расхода воды последние должны быть немедленно доведены до непосредственных исполнителей и за выполнением норм должен быть организован повседневный контроль. Поскольку по целому ряду агрегатов и участков производства величина нормы будет связана с теми или иными факторами, учтенными при построении водных характеристик, представляется важным, чтобы исполнители знали, от каких факторов и в какой мере зависит величина нормы.

Безусловно, что внедрение предлагаемых методов нормирования водопотребления и водоотведения сопряжено с неизбежными первоначальными затратами труда и финансов для проведения комплекса подготовительных работ, указанных выше. В этой связи нельзя не подчеркнуть, что эти единовременные затраты всегда окупаются сторицей реальными результатами такой работы, т.е. экономией и охраной водных ресурсов и интенсификацией производства, а также последующим упрощением повседневной работы по нормированию, планированию и анализу водопотребления и водоотведения. Одновременно обеспечивается и повышение качества этой работы, поскольку нормирование и контроль водопотребления и водоотведения базируются на водных характеристиках, обеспечивающих техническую обоснованность норм и их увязку с важнейшими факторами производства.

Сокращение водопотребления имеет не только экологические, но и благоприятные экономические последствия, так как связано со снижением энергоемкости производства. В настоящее время имеются основания при соответствующей организационной работе сократить среднеотраслевое удельное потребление воды выплавляемой стали.

Ниже приведены результаты использования предложенных рекомендаций на примере ТОО «IronConcentrateCompany», основным видом деятельности которой, является производство железного концентрата. Проектная мощность завода составляет 72000 тонн железного концентрата в год. Сырьем для получения железного концентрата являются отвальные хвосты флотации руд Саякского и Шатырколского месторождений. С 2014 года на переработку дополнительно поступают хвосты флотации 3-ей секции в объеме 700 м³/час.

Технологическая цепочка получения железного концентрата методом магнитной сепарации представляет собой следующие этапы:

- основная магнитная сепарация;
- первая пересортировка;
- вторая пересортировка;
- отсадка железного концентрата;
- доизмельчение надрешетного продукта;
- сгущение с применением флокулянта;
- фильтрование;
- складирование для дальнейшей реализации железного концентрата.

Для производственных целей используются промышленная вода из водопроводных сетей филиала ТОО «Корпорация Казахмыс» – Тепловые и электрические сети, а также вода из оборотной системы водоснабжения Балхашской обогатительной фабрики.

В качестве промывки используются свежая вода технического качества из оз.Балхаш и сбросная вода из лотка ТЭЦ как повторная.

Для хозяйственно-бытовых целей вода используется для:

- питьевого водоснабжения,
- душевых кабин,
- лаборатории.

Источником водоснабжения хозяйственно-питьевых нужд предприятия является сети хозяйственно-питьевого водоснабжения филиала ТОО «Корпорация Казахмыс» – Тепловые и электрические сети. В свою очередь ТОО «Корпорация Казахмыс», получает свежую воду питьевого качества Токрауского месторождения подземных вод на договорных условиях с ГКП «Балхаш Су».

В результате производственной деятельности предприятия формируются сточные воды двух категорий:

- производственные,
- хозяйственно-бытовые.

Производственные стоки в составе хвостов сепарации отправляются на хвостовые насосы, которые находятся в насосном отделении цеха обогащения Балхашской обогатительной фабрики, для дальнейшей откачки их на хвостохранилище.

Отведение производственных сточных вод на хвостохранилище БОФ и дальнейшая их очистка осуществляются на очистных сооружениях. Хозяйственно-бытовые сточные воды отводятся в хозяйственно-фекальные канализационные сети филиала ТОО «Корпорация Казахмыс» – Тепловые и электрические сети (рисунок 1).

Используя методы для установления норм водопотребления и водоотведения, были разработаны удельные нормы водопотребления и водоотведения на единицу продукции предприятия ТОО «IronConcentrateCompany». Расчетами установлено, что общая (суммарная) удельная норма потребления воды на единицу продукции составляет 49,0437 (м³/т). При этом удельные нормы водопотребления (м³/т) по качеству и видам водопользования составляют:

свежей воды, в том числе:	0,9372
– питьевой воды	0,0525
– из озера Балхаш	0,8847
– повторной воды (из лотка ТЭЦ)	5,4347

– оборотной воды, в том числе	42,6718
– из системы БОФ	42,2916
– в системе предприятия (ИСС)	0,3802

По направлению использования из общей удельной нормы ($49,0437 \text{ м}^3/\text{т}$) воды расходуются:

– на производственные (технологические) нужды	48,9912
– на хозяйственно-бытовые нужды	0,0525

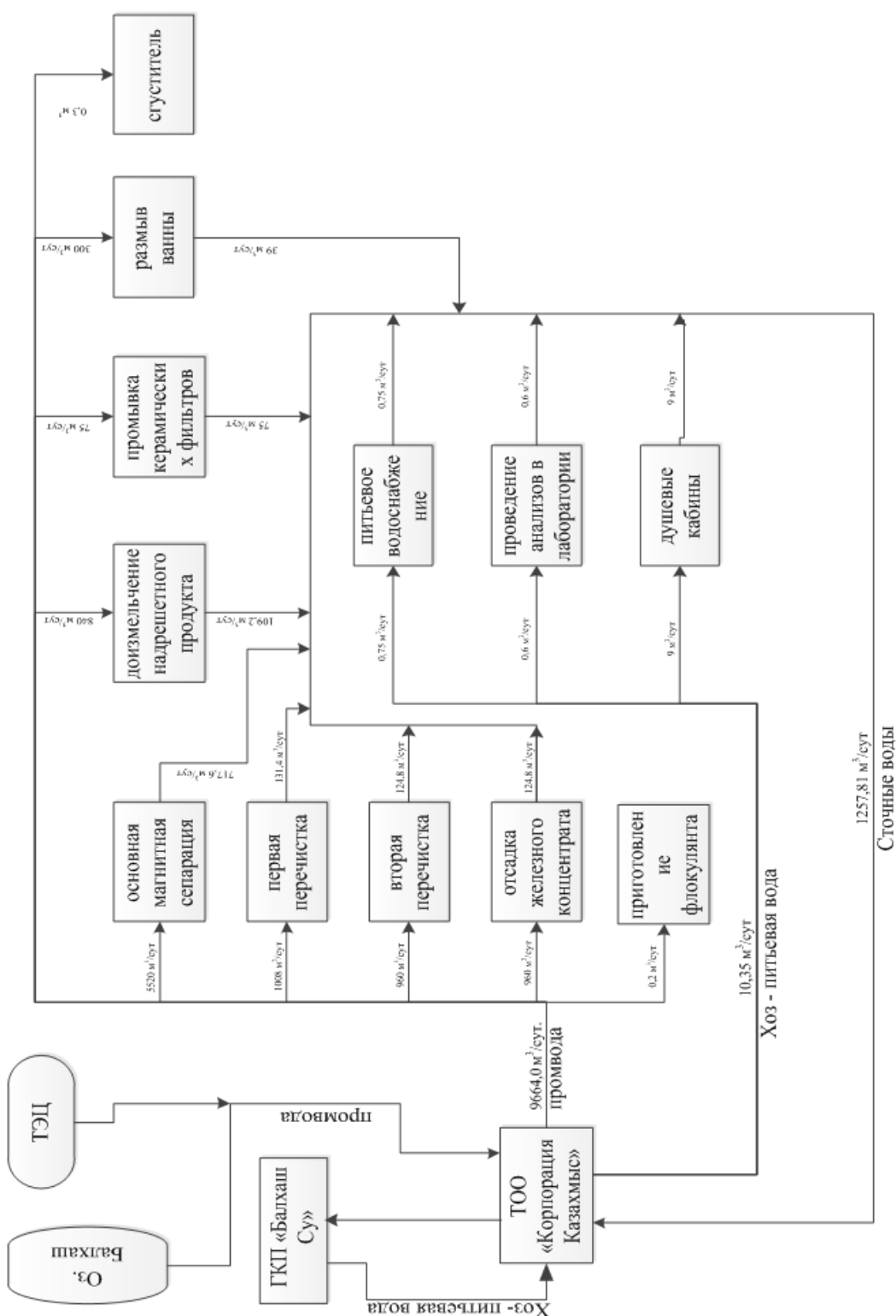


Рисунок 1 – Балансовая схема водопотребления и водоотведения

Расчетами установлено, что при общей (суммарной) удельной норме водоотведения на единицу продукции равной $6,3764 \text{ м}^3/\text{т}$, удельные нормы ($\text{м}^3/\text{т}$) по видам отведения составляют:

сточных вод, в том числе:	6,3754
– производственных сточных вод	6,3229
– хозяйственно-бытовых сточных вод	0,0525
– безвозвратного потребления	0,0010

Разработанные данные удельные нормы водопотребления и водоотведения, являются заключительным этапом подготовительных мероприятий по рациональному использованию и охране водных ресурсов на предприятии, и что в конечном счете приведут к снижению затрат на выпуски основной продукции предприятия.

Вывод. В перспективе водообеспечение предприятий черной металлургии будет улучшаться. Это будет достигнуто благодаря совершенствованию существующих технологических процессов и агрегатов в целях сокращения водопотребления и выбросов в водный бассейн. Разработке новых маловодных (безводных), малоотходных технологий; переходу на замкнутые бессточные системы водоснабжения; разработке и внедрению технологически обоснованных норм водопотребления, водоотведения и требований к качеству воды, используемой потребителями; разработке территориальных комплексных схем охраны природы.

Планомерное решение поставленных задач позволяет улучшать показатели использования водных ресурсов и приближаться к бессточному режиму. Внедрение намеченных мер в разрабатываемые в настоящее время проекты реконструкции и нового строительства на предприятиях отрасли означает переход к интенсивному использованию водных ресурсов.

Литература:

1. Методические указания по разработке норм и нормативов водопотребления и водоотведения с учетом качества потребляемой и отводимой воды в промышленности. Госплан СССР. – М., 1979.
2. Мырзахметов М.М, Аширяев К.Ш. Научные основы нормирования водопользования и управления водосбережением // Материалы Регион. науч-практ. конфер. – Усть-Каменогорск, 2009. – С. 125–131.

Поступила 25 мая 2017 г.

МРНТИ 31.01.45

УДК 542.4:378

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ: ВЗГЛЯД С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Жанбаев Р.А.¹, Пак И.Т.³, Шахова Е.Э.³, Сулейменов И.Э.¹,
Нурпеисова Ж.А.², Мун Г.А.²

¹Алматинский университет энергетики и связи,

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби,

³Институт информационных и вычислительных технологий МОН РК,

Алматы, Республика Казахстан

e-mail: mungrig@yandex.ru

Рассматриваются проблемы обеспечения технологической безопасности РК. Показано, что значимыми здесь становятся средства трёхмерной (или аддитивной) печати (3D-принтеры). Рассмотрены варианты внедрения таких средств в сложившихся конкретных исторических условиях РК в широкое использование. Ставится вопрос о системном подходе к разработке такого рода устройств. Проанализирован рынок продукции широкого потребления, где для целей импортозамещения могут быть использованы средства трехмерной печати. Показано, что существует целый ряд способов 3D-печати, использующих различные виды материалов. В основе подавляющего большинства способов трехмерной печати лежит принцип послойного создания материального объекта.

Ключевые слова: трехмерная печать, технологическая безопасность, материалы и технологии 3D-печати, импортозамещение, технические средства, геополитические задачи.

ҚР технологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету мәселелері қарастырылады. Бұл жерде үшөлшемді (немесе аддитивті) баспа құралдары(3D-принтерлер)маңызды болып келеді. Құралдардың ҚР ағымдағы нақты тарихи жағдайларда кеңінен қолдануды енгізу нұсқалары қарастырылған. Осындай құрылғыларды өндіруге жүйелі тәсілмен жүзеге асыру талқыланады. Үшөлшемді баспа құралдары импорт алмастыру мақсатында қолданылуы мүмкін болатын ауқымды тұтынуға ие өнім нарығына анализ жасалған. Әр түрлі материал түрлері қолданылатын 3D-басып шығарудың бірқатар әдістерінің болатыны көрсетілген. Үшөлшемді басып шығару әдістерінің басым көпшілігінің негізінде материалды объектіті қабат түрінде құру.

Тірек сөздер: үшөлшемді басып шығару, технологиялық қауіпсіздік, 3D-басып шығару материалдары мен технологиялары, импорт алмастыру, техникалық құралдар, геосаяси міндеттер.

The problems of ensuring the technological safety of the Republic of Kazakhstan are considered. It is shown that three-dimensional (or additive) printing (3D-printers) has a significant means. The options considered the introduction of such tools in wide use in the specific historical conditions of the RK. The question of the system approach to the development of such devices is considered. The market of consumer goods has been analyzed, where for the purposes of import substitution three-dimensional printing can be used. It is shown that there are

a number of 3D printing methods using different types of materials. The basis of the overwhelming majority of methods of three-dimensional printing is the principle of layer-by-layer creation of a material object.

Keywords: three-dimensional printing, technological safety, materials and technologies of 3D-printing, import substitution, technical tools, geopolitical tasks.

Понятие технологической безопасности не является широко употребляемым. Однако, разработка таких стратегий как концепция «Индустриализация 4.0» в ФРГ, «Сделано в Китае 2025» в КНР (принята на уровне Госсовета КНР), равно как и их аналогов в других странах G20 [1] заставляют уделить ему повышенное внимание по ряду очевидных причин. А именно, указанные выше стратегии можно рассматривать как некие программы создания комплекса *технических* средств (и сопутствующих им гуманитарных технологий), нацеленные на решение конкретных *геополитических* задач. В определенном смысле, геополитическая ситуация возвращается к той, что имела место на рубеже 19-го и 20-го веков, когда системная генерация инноваций в странах Старого Света обеспечивала европейской цивилизации (в смысле, придаваемом этому термину в трудах Хангтингтона [2]) неоспоримое мировое лидерство.

Промышленные круги ФРГ, отчетливо осознавая опасность, которая исходит от КНР, готовой к технологическому рывку, нашли адекватный (по крайней мере, если говорить о перспективе) ответ на данный вызов в форме создания платформы для системной генерации инноваций на основе «промышленного интернета», что и является одной из задач, предусматриваемых стратегией «Индустриализация 4.0». В случае успешного достижения целей данной стратегии, понятие «промышленный рабочий» и аналогичные ему должны навсегда стать достоянием истории. Любая продукция будет производиться на полностью автоматизированных предприятиях, исходя *непосредственно из требований* заказчика. Очевидно, что в данном случае такие факторы как дешевизна рабочей силы, степень трудолюбия основной массы населения и т.д. перестают иметь какое-либо значение.

Состояние экономики в данном случае будут определять отнюдь не показатели, в той или иной степени связанные с категорией «население» (рабочая сила как таковая становится ненужной), сколько показатели, отражающие поведение весьма и весьма узкой креативной прослойки, способной обеспечить генерацию инноваций и их продвижение на рынок в той или иной форме. В этом отношении страны Старого Света, где исторически сложились соответствующие традиции, в перспективе оказываются способными переиграть на «мировой шахматной доске» все остальные цивилизации.

Аргументы в пользу данного вывода де-факто содержатся в цитированной монографии [2]. Один из основных ее посылов отчетливо показывает, что отличительным признаком европейской цивилизации является индивидуализм, который, в свою очередь является неременным условием для генерации инноваций. Как показывает практика истекшей тысячи лет, наиболее значимые инновации никогда не создавались за денежное вознаграждение [1]. Выражаясь более корректно, монетарная мотивация при создании инноваций всегда была вторичной, что показывают, в том числе, и прямые экономические расчеты, представленные в цитированной работе. Основная мотивация для всех тех, кто на протяжении истекших столетий создавал все то, что привело человеческую цивилизацию к вершинам, так или иначе была связана с *самореализацией*, со стремлением утвердить свое «Я» не только в глазах

современников, но и в веках. Элементарные соображения из области психологии показывают, что выраженное стремление к самореализации (на уровне действий, имеющих экономические последствия) возможно только в обществе, где *индивидуализм является доминантой*.

Именно это преимущество и стремится снова использовать Старый Свет, делая ставку на креативность и инновации. Всем остальным цивилизациям, в которых сильны традиции, например, уважение к старшим и другие факторы, которые порождают диктат среды, препятствующий инновационной деятельности, в данном случае будет нечего противопоставить, если им не удастся адекватно оценить цивилизационные риски и не выработать соответствующую парадигму. Именно в таком аспекте (если рассуждать в геополитических категориях) представляется целесообразным говорить о понятии технологической безопасности как основы для поиска адекватного ответа на вызовы, появляющиеся в результате того, что существуют конкурирующие стратегии, нацеленные в конечном итоге на решение геополитических и геоэкономических проблем посредством системной генерации инноваций.

Уместно подчеркнуть, что концепция «Индустриализация 4.0» и ее аналоги, в случае успешного внедрения приведут к существенным трансформациям не только существующих рынков, но и сложившейся *системы рыночных отношений в целом*. Применительно к системе рыночных отношений, сложившейся в РК за годы независимости, в этом отношении особый интерес представляют трансформации, захватывающие, в первую очередь, сферу торговли. Как известно, значительная часть бизнеса в РК так или иначе связана именно с этой сферой хотя бы в силу того, что подавляющее большинство товаров, продаваемых в РК, представляет собой импорт.

Гуманитарные технологии, поддерживающие стратегии, лежащие в основе концепции «Индустриализации 4.0», равно как и ее аналогов, по существу, нацелены на практически полное исключение торговых посредников. Такого рода тенденции уже наблюдаются на практике. В частности, уже хорошо отработаны системы электронной коммерции, позволяющие в перспективе связать потребителя непосредственно с производителем, минуя любых посредников, кроме тех, кто оказывает логистические услуги. Создание промышленного интернета способно существенно усилить эти тенденции, делая классическую торговлю *ненужной в принципе* (индивидуальный заказ поступает непосредственно на завод, где и выполняется в автоматическом режиме).

Технические средства, дальнейшее развитие которых в перспективе способно обеспечить прогнозируемые трансформации в мировой экономике, уже отрабатываются на практике. В первую очередь, к ним относятся средства аддитивной (трехмерной) печати, известные также как 3D-принтеры.

Технологии 3D-печати уже в настоящее время находят широкое применение в следующих целях [3]:

- в промышленном производстве, главным образом, для быстрого прототипирования [4]. Быстрое изготовление прототипов моделей и объектов для последующей доводки позволяет еще на этапе проектирования вносить корректировки в конструкцию узла или объекта в целом, что способствует существенному снижению затрат при освоении новой продукции и ускоряет процесс их разработки.

- В малосерийном производстве позволяет быстро производить готовые детали или изделия из материалов, поддерживаемых 3D-принтерами.

– Для изготовления литьевых форм для ряда серийных производств [5]. Например, изготовленная на 3D принтере дорогая и сложная литьевая форма для деталей из пластика позволяет на ее основе массово, быстро и с незначительными издержками штамповать серийные изделия.

– Для производства сложных, массивных, прочных и недорогих систем, например, большая часть деталей беспилотного самолета Polecat компании Lockheed была изготовлена методом скоростной 3D-печати.

– В медицине при протезировании и производстве имплантатов (фрагменты скелета, черепа, хрящевые ткани и т.д. [6-8]).

– Для строительства зданий и сооружений [9].

В настоящее время существует целый ряд способов 3D-печати, использующих различные материалы [3]. Таблица 1.

Как отмечается в [10], изготовление изделий при помощи трехмерной печати включает в себя следующие этапы:

1. Разработка твердотельной модели или модели с замкнутыми поверхностными контурами.

2. Экспорт 3D-модели в стандартные форматы для 3D-печати, такие как STL, WRL (VRML), PLY, 3DS и ZPR, при помощи программного обеспечения: 3D Studio Max®, MicroStation®, 3DStudio Viz®, Mimics®, Alias®, Pro/ENGINEER, AutoCAD® или Raindrop GeoMagic®, SolidWorks®, Rapidform® и другие.

3. Подготовка к печати: ввод подготовленных данных на печать. Послойная печать физического прототипа.

4. 3D-печать может осуществляться разными способами и с использованием различных материалов, но в основе любого из них лежит принцип послойного создания или выращивания конечного изделия.

Применяются различные технологии трехмерной печати, наиболее распространенными среды них являются лазерная и струйная [10].

В рамках лазерной технологии печати различают стереолитографию (StereoLithography или SLA), технологию лазерного спекания порошковых материалов (Selective Laser Sintering – SLS) и ламинирование (Laminated Object Manufacturing).

Струйная печать включает в себя следующие технологии:

– Послойное наложение расплавленной нити (Fused Deposition Modeling – FDM).

– Полимеризация фотополимерного пластика под действием ультрафиолетовой лампы. Имеется три разновидности технологии, запатентованные различными фирмами: Multi-Jet Modeling (MJM, компания 3D Systems), PolyJet (photopolymer jetting, компания Objet Geometries), и DODJet (Drop-On-Demand-Jet, компания Solidscape).

– Склеивание или спекание порошкообразного материала.

Как отмечается в [11], для реализации технологий 3D печати промышленностью выпускаются принтеры, которые разделяются по целевой группе пользователей на потребительские, персональные, профессиональные и производственные.

Потребительские 3D принтеры в первую очередь ориентированы на художников, дизайнеров, архитекторов, которые предпочтительно работают дома. Принтеры подобного класса без проблем создают несложные модели небольших размеров

Персональные 3D принтеры рекомендуются для дизайн студий, рекламных агентств, а также малого бизнеса.

Профессиональные 3D принтеры необходимы лишь компаниям, деятельность которых подразумевает систематическое их использование.

Таблица 1 – Классификация технологий трехмерной печати

	Лазерная технология печати			Струйная технология печати		
	Стереолитография SLA	Лазерное спекание SLS	Ламинирование LOM	Послойное наложение расплавленной нити FDM	Полимеризация под действием УФ MJM, PolyJet, DODJet	Спекание порошка
Фирма–производитель оборудования	3D Systems	3D Systems	Interlitek	Stratasys	3DSystems (MJM) Object Geometries (PolyJet) SolidScape (DODJet)	ZCorporation
Моделирующий материал	Фотополимер	Порошок Легко-сплавного пластика, металла, керамики	Тонкие листы пластика, керамики, металлическая фольга	ABS – термопластик	Фотополимерный пластик различных типов и цветов	Полимерный порошок
Толщина печатного слоя, мм	0,02 – 0,15	0,08 – 0,15	0,168	0,178 – 0,33	Порядка 0,016	0,089 0,203
Скорость печати	3,5 – 5 мм/час	10–15 мм/час	—	0,127–0,33 мм/мин	До 20мм в час	2–4 слоя в минуту
Формат входного файла печати	STL, SLC	STL	STL	STL	STL, ODL и SLC	STL, VRML, PLY, 3DS, ZPR

Максимальный объем объекта при печати, мм	650×750×550	550×550×750	160×201×135	914×609×914	500×400×200	203×254×203 254×381×203
---	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	----------------------------

Одним из лучших расходных материалов считается АБС-пластик (акрилонитрилбутадиенстирол) [3,9]. Этот пластик не имеет запаха, не токсичен, ударопрочен и эластичен. Температура плавления АБС-пластика составляет от 240°C до 248 °C. 3D модели из АБС-пластика долговечны, но не переносят прямой солнечный свет.

Для создания прозрачных моделей в 3D-печати применяется акрил, имеющий более высокую температуру плавления, чем АБС-пластик, способный быстро остывать и твердеть. Другим часто используемым материалом для 3D-печати является нейлон, который имеет более высокую температуру плавления, около 320°C, в отличие от АБС-пластика, высокую способность впитывания влаги, более продолжительный период застывания. Печать нейлоном схожа с печатью АБС-пластиком, однако имеет ряд особенностей: требует откачки воздуха из экструдера из-за токсичности компонентов нейлона, экструдер оснащается шипами из-за скользкости нейлона.

Для 3D-печати в настоящее время используется также поликапролактон (известный так же, как полиморф и протопласт), преимуществом которого является низкая температура плавления (около 60 °C) и довольно высокая прочность. Поликапролактон абсолютно безопасен, а также способен быстро разлагаться на безвредные компоненты, легко разлагается в человеческом организме (капсулы для лекарств в прошковой форме изготавливаются именно из поликапролактона).

Используются и другие материалы: металлические порошки, полилактид, полипропилен, полифенилсульфон (применяется также в авиапромышленности и напоминает обычное стекло). Наиболее дешевым материалом является полиэтилен низкого давления – самый распространённый вид пластмассы, из которого изготавливают ПЭТ-бутылки, канистры, плёнки, пакеты и т.д.

Наиболее перспективным материал для печати архитектурных объектов считается бетон и различные смеси на его основе. Исследования, направленные на изучение возможности использования 3D печати в строительной сфере начались примерно с середины 2000-х годов. В 2012 году сотрудниками Университета Южной Калифорнии проведена презентация проекта по строительству домов с помощью 3D-принтера, основанного на принципе послойного экструдирования, который продолжает использоваться большинством печатающих устройств, разрабатываемых в данной сфере.

В апреле 2014 года китайская компания WinSun объявила об успешной печати десяти домов площадью в 200 квадратных метров и стоимостью всего \$4800 в течение 24 часов. Спустя полгода специалисты компании напечатали пятиэтажное жилое здание и двухэтажный особняк. Оба здания были возведены на территории промышленного парка в провинции Сучжоу. Стоимость проекта \$161000. Для печати был использован гигантский 3D-принтер высотой в шесть метров, шириной десять и длиной сорок метров. Проект основывался на производстве строительных блоков с последующей сборкой в цельную конструкцию. В качестве материала использовалась смесь, состоящая из цемента, стеклопластика, песка и специального отвердителя, причем широко использовались также строительные и

промышленные отходы. По словам представителей компании, в ходе эксперимента была достигнута значительная экономия строительных материалов, составляющая порядка 60 %, причем на строительство дома с применением 3D-печати ушло около 30 % от времени, необходимого для строительства аналогичного объекта традиционными методами [9].

Таким образом, трехмерная печать уже в настоящее время предоставляет широкий спектр возможностей, причем работы в данной области активно продолжаются [12–14]. Значительное внимание уделяется созданию методов печати функциональных объектов, например, содержащих электронные и оптические компоненты [15–17], активно продолжаются исследования в области использования трехмерной печати для медицинских целей [18], предложены новые подходы к созданию интерактивных объектов при помощи 3D-печати [19]. Обсуждаются вопросы применения трехмерной печати для изготовления архитектурных компонентов [20], в образовательных целях [21] и т.д. В литературе отмечается также, что средства трехмерной печати обеспечивают существенные изменения в бизнес-моделях внедрения инновационных технологий [22].

Учитывая сказанное выше, применительно к условиям РК, говоря о развитии собственных средств трехмерной печати, целесообразно ориентироваться на сегменты рынка, связанные с изделиями, обладающими выраженными индивидуальными (или приближающимися к ним) признаками. Покажем это.

Типичным примером изделий рассматриваемого типа являются дамские аксессуары (сумочки, ремни и т.д.). Мировые бренды, стремясь удовлетворить спрос на индивидуальность товара (точнее, на стремление потребителя обеспечить и подчеркнуть собственную индивидуальность за счет выбора нестандартных или эксклюзивных товаров) непрерывно расширяют ассортимент выпускаемых изделий данной категории, максимально используя инструменты, предоставляемые индустрией моды.

Упрощая, потребитель, в особенности женщины, готов платить повышенную цену за товар, подчеркивающий ее общественный статус, социальную значимость, индивидуальность и т.д. Импортозамещение по данной категории товаров (если говорить о традиционных производствах) является проблематичным, в силу ограниченного объема внутреннего рынка в РК по каждой отдельной категории изделий. Внедрение универсальных инструментов, основанных на использовании трехмерной печати, позволяет решить данную проблему сравнительно простыми средствами. Параллельно создаются условия для развития рынка отечественных средств трёхмерной печати, ориентирующихся на предприятия МСБ, работающие по гибкой схеме импортозамещения.

Существует и другие группы товаров, объем импорта которых (если каждый из данных товаров рассматривается по отдельности) является сравнительно небольшим.

Примерами таких товаров являются:

- детские игры, в том числе, настольные;
- упаковочные изделия, в том числе, ориентированные на долгосрочное хранение эксклюзивной с/х продукции;
- отдельные разновидности кухонной и бытовой утвари, в частности, емкости для хранения продуктов, корзины для белья, сушилки для стиральной одежды и т.д.;
- изделия для декорирования помещений и предметы интерьера, в том числе, галтели, настенные светильники, бра, рамки для картин и фотографий и т.д.

Изготовление товаров рассматриваемой разновидности может быть обеспечено на унифицированном оборудовании за счет использования средств трехмерной печати.

Примеры диаграмм, иллюстрирующих динамику импорта отдельных товаров из указанных выше разновидностей, представлены на рисунках 1 а–г.

Информация взята с официального сайта [23]. В подписях к рисункам используется классификация по товарной номенклатуре внешнеэкономической деятельности (ТН ВЭД). Это – классификатор товаров, применяемый таможенными органами и участниками внешнеэкономической деятельности в целях проведения таможенных операций. ТН ВЭД является расширенным российским вариантом Гармонизированной Системы (ГС), разработанной Всемирной таможенной организацией и принятой в качестве основы для товарной классификации в странах Евросоюза и других.

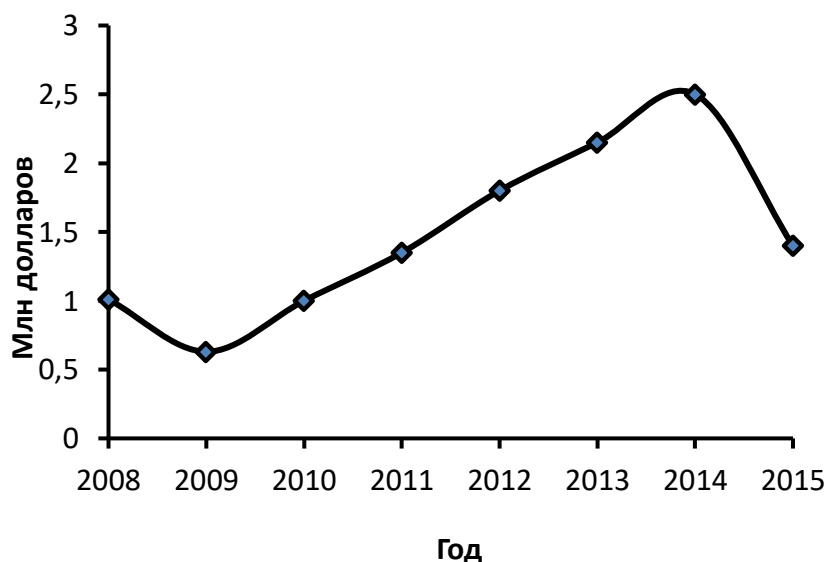


Рисунок 1а – Объем импорта в РК товаров по коду ТН ВЭД 6702: цветы, листья и плоды искусственные и их части; изделия из искусственных цветов, листьев или плодов

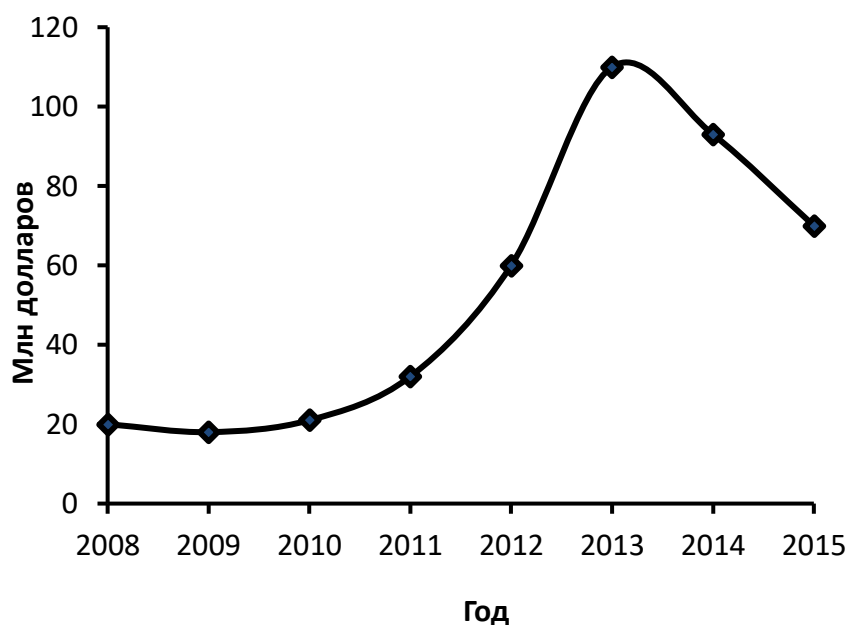


Рис. 1б – Объем импорта в РК товаров по коду ТН ВЭД 4202: саквояжи, чемоданы, дамские сумки-чемоданчики, кейсы для деловых бумаг, портфели, школьные ранцы; футляры для очков, биноклей, фотоаппаратов, музыкальных инструментов, ружей; кобура и аналогичные изделия; сумки дорожные, сумки-термосы для пищевых продуктов

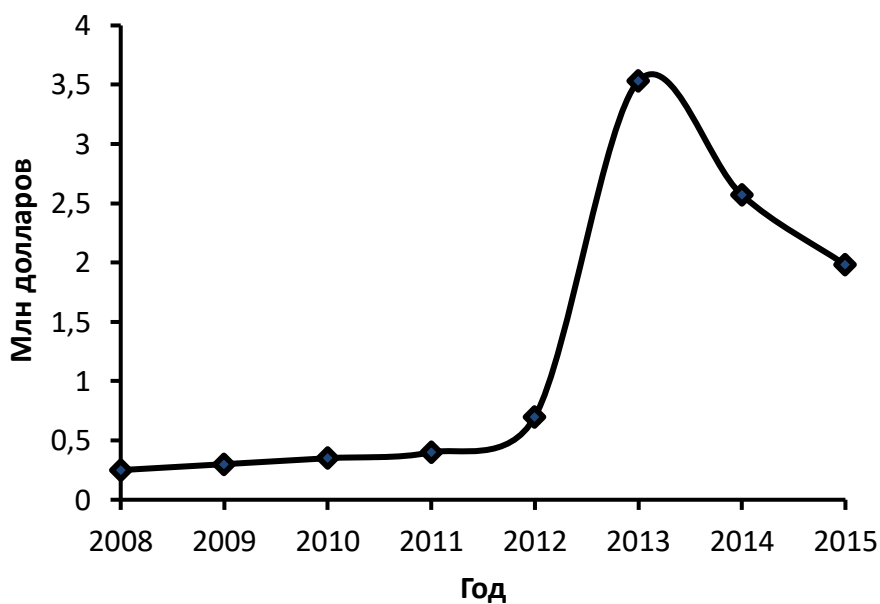


Рисунок 1в – Объем импорта в РК товаров по коду ТН ВЭД 8308: застёжки, рамы с застёжками, пряжки, пряжки-застёжки, крючки, колечки, блочки и аналогичные изделия из недрагоценных металлов, используемые для одежды, обуви, тентов, сумок, дорожных принадлежностей или других готовых изделий, заклепки трубчатые

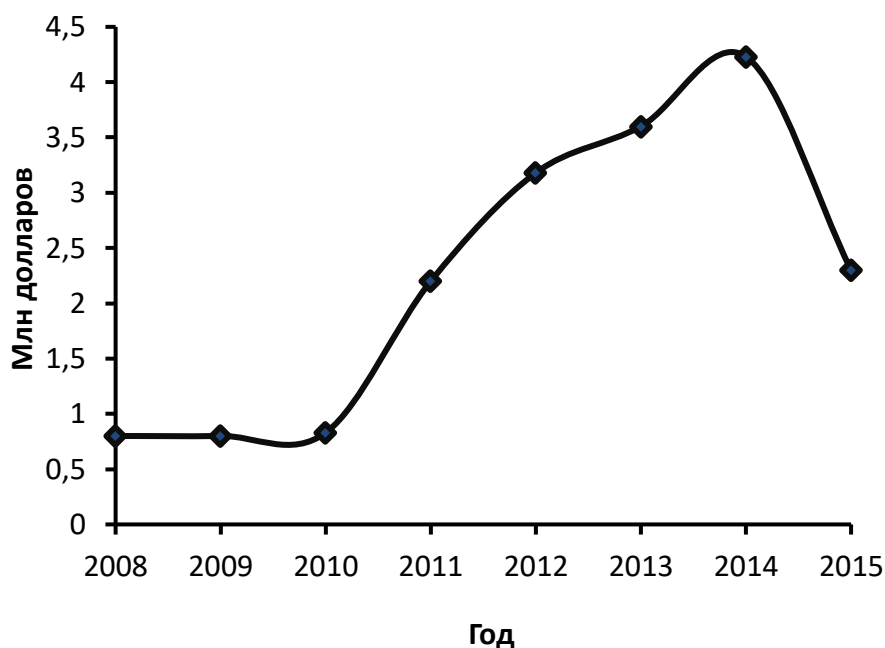


Рисунок 1г – Объем импорта в РК товаров по коду ТН ВЭД 6304: изделия декоративные прочие, кроме изделий товарной позиции 9404

Представленные данные показывают, что только по товарам перечисленных категорий объем импорта составляет не менее нескольких миллиардов долл. США в год, невзирая на спад потребления, начавшийся в 2013–2014 гг., связанный с негативными трендами в экономике. Ниже представлена таблица 2, иллюстрирующая положение дел на рынке РК по товарам указанных выше категорий.

Таблица 2 – Стоимость товаров из целевой группы (обеспечение импортозамещения за счет средств трехмерной печати) на внутреннем рынке РК по состоянию на май 2017 г.

Категория изделий, изделия	Цены за шт., тг
Декорации, искусственные цветы, статуэтки	4000
Обувь с резиновой подошвой, сланцы	10000
Посуда столовая и кухонные принадлежности, посуда для пикника	2500
Сумка из резины пляжная	25000
Бижутерия из пластмассы	5000
Наборы для поделок из резины, пластмассы	3000
Бантики, заколки, резинки	1500–2000
Лопатки для плавания	11000
Кошельки	30000–60000

Чехлы для смартфонов	5000
Скульптуры	10000 /м ²
Люстры	30000–100000
Барельефы	200000–400000
Галтели	2000–8000
Декорации для интерьера	10000–100000

Видно, что стоимость изделий рассматриваемой категории варьируется в широких пределах, что связано, в том числе с ориентацией на различные сегменты потребительского рынка. Данный фактор обеспечивает возможность поэтапного импортозамещения, а также создает возможность для гибкого реагирования на запросы рынка.

Таким образом, с точки зрения долгосрочных интересов РК, создание альтернативы немецкой концепции представляет насущный интерес, так как в случае успешной реализации концепции «Индустриализация 4.0» вопрос об импортозамещении неизбежно окажется переведенным в иную плоскость, что и отмечалось выше. Более того, реализация такого рода стратегий неизбежно окажет существенное влияние на структуру экономики РК (равно как и многих других стран) в целом.

Параллельно, внедрение подходов, аналогичных концепции «Индустриализация 4.0», в условиях РК является инструментом импортозамещения для тех категорий товаров, производство которых по традиционной схеме не является рентабельным. В первую очередь, это относится к обширной группе товаров, импортируемых в сравнительно небольших объемах. Для товаров этой группы производство по классической схеме (использующее оборудование, не являющееся универсальным и ориентированное на конкретные разновидности изделий) заведомо не могут быть рентабельными в силу небольших объемов рынка.

Литература:

1. Сулейменов И., Габриелян О., Пак И., Панченко С., Мун Г. Инновационные сценарии в постиндустриальном обществе. – Алматы–Симферополь: PrintExpress, 2016. – 218с.
2. Сулейменов И.Э., Габриелян О.А., Седлакова З.З., Буряк В.В., Сафонова Н.В., Ирмухаметова Г.С., Кабдушев Ш.Б., Мун Г.А. Организация и планирование научных исследований. – Алматы: Изд-во КазНУ, 2017. – 221 с.
3. Коваленко Р. В. Современные полимерные материалы и технологии 3D печати // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – Т. 18. – №. 1. – С. 263–266.
4. Астахова Т. Н. и др. Применение систем 3D-печати для прототипирования технических идей //Электронные библиотеки. – 2017. – Т. 20. – №. 2. – С. 110–122.
5. Дорошенко В. С. 3D-технологии для формовки и литья //Литьё и металлургия. – 2015. – №. 3 (80). – С. 30–39.
6. Rengier F., Mehndiratta A., von Tengg-Kobligk H., Zechmann C. M., Unterhinninghofen R., Kauczor H. U., Giesel F. L. 3D printing based on imaging data: review of medical applications // International journal of computer assisted radiology and surgery. – 2010. –№ 5(4). – P.335–341.
7. Kalejs M., von Segesser L.K. Rapid prototyping of compli- ant human aortic roots for assessment of valved stents // Interact Cardiovasc Thorac Surg. – 2009. – №8. – P.182–186.

8. Peltola S.M., Melchels F.P.W., Grijpma D.W., Kellomäki M. A review of rapid prototyping techniques for tissue engineering purposes // *Ann. Med.* – 2008. – Vol. 40. – P. 268–280.
9. Литовко В. С. Возможности использования технологий 3D печати в архитектуре и строительстве. Перспективы применения 4D прототипирования в адаптивной архитектуре // *Науковий вісник будівництва*. – 2015. – №. 2. – С. 57–60.
10. Александров В. В. и др. Цифровая технология 3D промышленного производства // *Труды СПИИ РАН*. – 2010. – Т. 4. – №. 15. – С. 85–94.
11. Черных М. М., Куваева Д. В. Трехмерная печать-технология будущего // *Gaudeamus Igitur*. – 2015. – №. 1. – С. 37–40.
12. Schubert C., Van Langeveld M. C., Donoso L. A. Innovations in 3D printing: a 3D overview from optics to organs // *British Journal of Ophthalmology*. – 2014. – Vol. 98(2). – P. 159–161..
13. Назаров А. П. Перспективы быстрого прототипирования методом селективного лазерного спекания/плавления // *Вестник МГТУ* – 2011. – Т. 1. – №. 4. – С. 46–52.
14. Lu L., Sharf A., Zhao H., Wei Y., Fan Q., Chen X., Chen B. Build-to-last: Strength to weight 3d printed objects // *ACM Transactions on Graphics (TOG)*. – 2014. – Vol. 33(4). – P. 97–106.
15. Espalin, D., Muse, D. W., MacDonald, E., & Wicker, R. B. 3D Printing multifunctionality: structures with electronics // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. – 2014. – Vol. 72(5–8). – P. 963–978.
16. Macdonald E., Salas R., Espalin D., Perez M., Aguilera E., Muse D., Wicker R. B. 3D printing for the rapid prototyping of structural electronics // *IEEE Access*. – 2014. – № 2. – P. 234–242.
17. Rogers C. I., Qaderi K., Woolley A. T., Nordin G. P. 3D printed microfluidic devices with integrated valves // *Biomicrofluidics*. – 2015. – Vol. 9(1). – P. 016501.
18. Murphy S.V., Atala A. 3D bioprinting of tissues and organs // *Nature biotechnology*. – 2014. – Vol.32(8). – P. 773–785.
19. Hudson S. E. Printing teddy bears: a technique for 3D printing of soft interactive objects // In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. – 2014. – P. 459–468. ACM.
20. Литовко В. С. Применение графической структуры орнамента в параметрической архитектуре // *Науковий вісник будівництва*. – 2014. – №1. – С. 12–15.
21. Заседатель В. С. Образовательный потенциал технологий быстрого прототипирования // *Интернет-журнал Науковедение*. – 2015. – Т. 7. – №. 5 (30). – С. 59–60.
22. Rayna T., Striukova L. From rapid prototyping to home fabrication: How 3D printing is changing business model innovation // *Technological Forecasting and Social Change*. – 2016. – Vol.102. – P. 214–224.
23. <http://export.gov.kz>.

Поступила 5 июня 2017 г.

МРНТИ 31.01.45

УДК 542.4;378

СТАРТАПОВСКИЕ КОМПАНИИ КАК ВОЗМОЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Сулейменов И.Э.¹, Габриелян О.А.², Жанбаев Р.А.¹, Пак И.Т.³,
Нурпеисова Ж.А.⁴, Мун Г.А.⁴

¹Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Республика Казахстан

²Крымский Федеральный университет им. В.И. Вернадского,
Симферополь, Российская Федерация

³Институт информационных и вычислительных технологий МОН РК,
Алматы, Республика Казахстан

⁴Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан
e-mail: mungrig@yandex.ru

Проанализированы базовые противоречия, присущие постсоветской высшей школе. Намечены пути их разрешения на основе современных представлений институциональной экономики и диалектического подхода. Показано, что для конвертации существующих противоречий в источник развития целесообразно перейти к непрямым методам управления. Показано также, что для становления «экономики знаний» требуется, в том числе, обеспечить целенаправленную подготовку инноваторов, обладающих специфическим набором компетенций на междисциплинарной основе. Обсуждается одна из основных проблем современного общества, связанная с высоким уровнем сопротивления инновациям. Показано, что конкретных механизмов, обуславливающих высокий уровень сопротивления инновациям, существует достаточно много. Наиболее заметный из них, связан с существованием развитой бюрократии, которая существенно замедляет реализацию любых инноваций.

Ключевые слова: «экономика знаний», старт-ап, системные инновации, неформальные институты, высшее образование, частные инвестиции, сопротивление инновациям, базового противоречия.

Посткеңестік жоғары мектебіне тән негізгі қайшылықтарға анализ жүргізілген. Институционалдық экономика және диалектикалық тәсілді заманауи ұғымдардың негізінде оларды шешу жолдары жоспарланған. Көрсетілген қайшылықтарды даму көзіне айналдыру үшін, басқарудың жанама әдісіне өту орынды екені айтылған. Сонымен қатар, «білім экономикасын» дамыту үшін пәнаралық негізде арнайы құзыреттіліктер жиынтығына ие инноваторларды мақсатты даярлауды қамтамасыз ету. Инновацияға жоғары қарсылық дәрежесімен байланысты заманауи қоғамның негізгі мәселелерінің бірі талқыланған. Инновацияға жоғары қарсылық дәрежесін қамтамасыз ететін нақты механизмдердің жеткілікті түрде көп екендігі көрсетілген. Олардың ішінде ең көзге түсетіні кез келген инновацияның жүзеге асуын айтарлықтай баяулататын дамыған бюрократияның болуымен байланысты.

Тірек сөздер: «білім экономикасы», старт-ап, жүйелі инновациялар, формалды емес институттар, жоғарғы білім, жеке инвестициялар, инновацияға қарсылық, базалық қайшылық.

The basic contradictions inherent in the post-Soviet higher school have been analyzed. The ways of their resolution are outlined on the basis of modern institutional instincts and a dialectical approach. It is shown that in order to convert existing contradictions into a source of development, it is advisable to move on to indirect methods of management. It is also shown that for the formation of the «knowledge economy», it is required to provide targeted training of innovators with a specific set of competencies, on an interdisciplinary basis. One of the main problems of modern society, associated with a high level of resistance to innovation has been discussed. It is shown that there are a lot of specific mechanisms that determine a high level of resistance to innovation. The most notable of them is related to the existence of a developed bureaucracy, which significantly slows down the implementation of any innovations.

Keywords: «knowledge economy», start-up, system innovations, informal institutions, higher education, private investment, resistance to innovation, a basic contradiction.

Состояние дел в сфере высшего образования, сложившееся в настоящее время в странах ЕАЭС, является, мягко говоря, сложным. Постсоветская высшая школа часто подвергается ожесточенной критике и со стороны СМИ, и на страницах научной периодики, например, в [1–3]. Вместе с тем, данная критика далеко не всегда является конструктивной, и по существу часто сводится к обоснованию недостаточности финансирования высших учебных заведений со стороны государства. Базовым противоречиям, которые приводят к наблюдаемому нарастанию негативных трендов, не уделяется должного внимания – их чаще затевают детали, анализ которых, безусловно, важен, но сам по себе не позволяет решить проблему системно.

В настоящей работе предпринята попытка выделить именно базовые противоречия постсоветской высшей школы и наметить инструменты, которые позволят конвертировать, в соответствии с диалектическим подходом, данные противоречия в источник развития.

Решение задачи именно в такой формулировке на сегодняшний день является более чем актуальным в связи с необходимостью построения экономики знаний и ускоренного инновационного развития (данный тезис в странах ЕАЭС был неоднократно озвучен на самом высоком уровне, в частности, Президентом РК Н.А. Назарбаевым на Астанинском экономическом форуме 2016 года [4]). С точки зрения базовых положений институциональной экономики, требования, нацеленные на становления экономики знаний, представляются более чем оправданными. Еще в трудах Й. Шумпетера [5,6], который в настоящее время считается одним из основоположников инноватики, отмечалось, что именно системные инновации являются наиболее эффективным инструментом преодоления кризисных явлений в экономике.

Де-факто тезис о становлении экономики знаний означает, что значительная часть ответственности за ускоренное инновационное развитие стран ЕАЭС возлагается именно на высшую школу. Это связано, в том числе, и с тем, что для становления экономики знаний необходимы кадры, подготовка которых должна заметно отличаться от той, что имела место до сих пор.

Покажем это. Основной проблемой современного общества в рассматриваемом отношении является высокий уровень **сопротивления инновациям**. Упрощая, инновации как воздух необходимы обществу **в целом**, но для каждого его члена, взятого **в отдельности**, они не представляют собой ценности, а часто и непосредственно задевают его сиюминутные интересы. Доказать существование повышенного сопротивления инновациям в современном

обществе можно, сопоставляя положение дел в данной сфере человеческой деятельности, сложившееся на рубеже 19-го и 20-го веков, с одной стороны, и 20-го и 21-го веков – с другой. На рубеже 19-го и 20-го веков внедрение инновационных технологий осуществлялось, главным образом, за счет **частных инвестиций**. Данное явление было настолько массовым, что Й. Шумпетер обоснованно рассматривал инновационную деятельность как макроэкономически значимую [5,6].

В настоящее время государства ЕАЭС реально выделяют значительные средства на обеспечение государственно-частного партнерства в области инновационной деятельности (например, соответствующие программы по выделению грантов в сумме до \$800000 сформированы в Казахстане на 2017 г.), но уровень частных инвестиций в эту область остается недопустимо низким. Этого факта достаточно, чтобы утверждать, что общество – в лице частного бизнеса – де-факто отказывается участвовать в существующих программах инновационного развития. Очевидной причиной для этого является недостаточно высокая рентабельность любых производств, использующих инновационные технологии. Потенциальные доходы не покрывают вполне реальные риски, природа которых весьма разнообразна и детально проанализирована, например, в [7].

Конкретных механизмов, обуславливающих высокий уровень сопротивления инновациям, существует достаточно много. Наиболее заметный из них, связан с существованием развитой бюрократии, которая существенно замедляет реализацию любых инноваций. Так, как показывает практика, на получение государственных инвестиций при самых благоприятных условиях приходится затрачивать около одного года; это недопустимо долго для таких сфер деятельности как телекоммуникационная индустрия или информационные технологии. (Инновация устаревает раньше, чем чиновники оказываются способны принять то или иное решение.)

Еще один механизм, обуславливающий высокое значение сопротивления инновациям, непосредственно связан со сферой высшего образования. А именно, в настоящее время сложилась устойчивое разделение программ подготовки по узким **специализациям**. В значительной степени это отвечает конкретным потребностям общества; так дантист и дерматолог действительно должны обладать существенно различающимися наборами компетенций. Такого рода обстоятельства полностью оправдывают существование узких специализаций. Однако это вовсе не означает, что высшая школа должна готовить **только** узких специалистов, что становится очевидным, если рассмотреть набор компетенций, которым должен обладать **предприниматель**, ориентированный на внедрение в практику **собственных** разработок.

Анализ положения дел в области инноваций, сложившийся на рубеже 19-го и 20-го веков, т.е. в исторический период, когда сопротивление инновациям в Европе и США достигло экстремально низкого значения, однозначно показывает, что подавляющее большинство значимых инноваций было внедрено в практику непосредственно **авторами** соответствующих изобретений (наиболее известны фамилии Нобеля, Фарадея и т.д.).

Напротив, выпускники современных университетов, в подавляющем большинстве вовсе не ориентированы на инновационную деятельность, особенно наглядно это проявляется в Казахстане, где доминирующим предпочтением для выпускника университета любого профиля является государственная служба или служба в квазигосударственных компаниях [7].

Такое положение дел отчасти определяется факторами, не связанными непосредственно с высшей школой. А именно, в области инновационной деятельности, в отличие от государственной службы, отсутствует **прозрачный** (точнее понятный большинству студентов или абитуриентов) механизм жизненного успеха. Отсутствуют также прозрачные механизмы, которые бы позволяли достойно вознаградить усилия тех, кто занят инновационной деятельностью (официальная заработная плата профессоров большинства университетов сопоставима с заработной платой секретарши в престижной коммерческой или квазигосударственной фирме).

В то же время, как показывает деятельность целого ряда стартаповских компаний, действующих в области информационных технологий, жизненный успех молодого специалиста в этой сфере может быть значительно более выраженным, нежели в тех областях, на которых ориентируются абитуриенты, поступающие на экономические или управленческие специальности. Доходы молодых инноваторов этой сфере кратно превышают доходы государственных служащих, но данный факт остается незамеченным большинством их сверстников, так как в сложившихся условиях стартаповские компании вынуждены функционировать на «сером» рынке. Следовательно, дело не только в том, что общество не готово достойно вознаграждать усилия инноваторов – существуют области деятельности (прежде всего, область информационных технологий), где они могут сделать это самостоятельно. Любопытно отметить [7], что успеха на данном поприще часто достигают потомственные инженеры и научные работники, т.е. лица, которые получили соответствующий набор компетенций в семье, а не в стенах университета.

Следовательно, можно утверждать, что причиной низкой инновационной активности молодежи является также и то, что в стенах университетов они не получают ни соответствующий набор компетенций, ни даже общие представления об инновационной деятельности, которые позволили бы им увидеть реально существующие (даже в сложившихся конкретных исторических условиях) преимущества как монетарного, так и немонетарного характера. К последним, очевидно, относится возможность заниматься по-настоящему интересным делом, высокая степень личной свободы и т.д.

Отсюда вытекает достаточно простой вывод. Деление по специализациям, о котором, говорилось выше, безусловно, будет сохранять актуальность еще долгое время, но это не означает, что такая градация, непременно должна быть **единственной**. Настало время поставить вопрос о том, что выпускающие кафедры, наряду с узкими специалистами, должны готовить также и специалистов, обладающих практическими и теоретическими **навыками инновационной деятельности**. Предпринимателей, точнее, инноваторов трактуемых в смысле теории Й. Шумпетера, нужно **готовить целенаправленно**.

Разумеется, формирование учебных программ, обеспечивающих такую подготовку, является достаточно сложным делом. На первом этапе, однако, можно ограничиться внедрением небольшого числа лекционных курсов, дополняемых практикой, связанной с внедрением и разработкой инноваций. Основным инструментом здесь может стать межвузовское или межфакультетское сотрудничество, в частности, между техническими и экономическими факультетами, причем на уровне реальной подготовки специалистов, обладающих навыками междисциплинарного взаимодействия. Наиболее перспективной формой такого сотрудничества является формирование межфакультетских студенческих коллективов, совместно работающих над конкретной инновацией и ее внедрением.

Высказанные выше соображения показывают, что факторы, связанные с низким уровнем доходов преподавателей университетов и лиц, профессионально занимающихся научно-техническими разработками, не следует рассматривать как доминирующие по отношению к формированию высокого сопротивления инновациям. Выражаясь в более общей форме, отсутствие монетарной мотивация не является единственным фактором сдерживания. Так, в Казахстане и, отчасти в России, уже проявляется следующая тенденция: на отдельных кафедрах университетов (преимущественно связанных с информационными и телекоммуникационными технологиями) наиболее компетентные преподаватели по существу работают бесплатно. Точнее, уже сформировалась прослойка специалистов, для которых мотивацией к участию в преподавании является отнюдь не прямое материальное вознаграждение, а иные факторы – возможность для самореализации, возможность для привлечения студентов к собственной деятельности и т.д.

Тенденции такого рода сдерживаются, главным образом, существующими административными механизмами. Представители данной категории преподавателей легко покидают университет, как только сталкиваются с любыми проявлениями бюрократизма; они готовы преподавать, но не заполнять бюрократические бумаги, количество которых в университетах давно вышло за все границы разумного. (Попытки ограничить документооборот административными мерами, как показывает практика, приводят к ускоренному нарастанию его объема.)

Те же административные механизмы сдерживают и внедрение любых инновационных лекционных курсов. Существование утвержденных программ и громоздких механизмов их утверждения со стороны вышестоящих инстанций предоставляет неопровержимые (в бюрократической логике) аргументы консервативной части профессорско-преподавательского состава. Любая инновация может быть отклонена по формальным признакам, как не соответствующая утвержденным нормам.

Разумеется, как справедливо отмечается в [8], нет никаких оснований демонизировать бюрократию. Существование административных механизмов контроля над сферой высшего образования со стороны государства отражает объективно существующие потребности. В качестве иллюстрации уместно здесь уместно указать на положение дел, сложившееся в постсоветской высшей школе к началу 21-го века. Неоправданная ставка на саморегуляцию на основе рыночных отношений в данной сфере привела к взрывному росту числа вузов, осуществляющих подготовку студентов на платной основе и с очень низким качеством. Последствия сделанной ставки на «невидимую руку рынка» ощущаются до сих пор, хотя в странах ЕАЭС и были осуществлены меры, направленные на пресечение деятельности университетов, фактически превратившихся в организации, де-факто торгующие дипломами.

Следовательно, одно из базовых противоречий современной постсоветской высшей школы можно сформулировать как противоречие между необходимостью жесткого контроля над процессами в сфере высшего образования со стороны государства и комплексом негативных последствий, который неизбежно влечет за собой использование инструментов административного регулирования.

Апологеты жесткого администрирования, равно как и критики бюрократии, по-своему правы, но, ни те, ни другие, к сожалению, не принимают во внимание обстоятельство, очевидное с точки зрения диалектики. Существование базового противоречия потенциально есть источник развития, но для того, чтобы соответствующие возможности реализовались на

практике, нужно выйти за его плоскость, воспользовавшись классическим законом отрицания отрицания.

Еще одно базовое противоречие постсоветской высшей школы непосредственно касается инновационной деятельности. Высшая школа, как и средняя, будучи, в том числе, социальной институцией, призвана обеспечить интеграцию выпускника в конкретную социальную среду. Это неизбежно сказывается на характере формирования образовательных программ, нацеленных на то, чтобы привить выпускнику навыки, подразумевающие действия в «заданном режиме в заданных обстоятельствах». В особенности это характерно для технических вузов, на которые, в первую очередь, и возлагается задача по ускорению инновационного развития стран ЕАЭС.

Стиль мышления, формируемый в настоящее время техническими университетами, – если не сказать, структура формируемой индивидуальности – прямо противоположен тому, которым должен обладать инноватор, характер деятельности которого автоматически подразумевает возможность находить нестандартные решения, или ученый, который, как утверждал еще Декарт, обязан все подвергать сомнению.

Данное противоречие ранее разрешалось через принцип Гумбольдта [9], в соответствии с которым обучение в высшей школе должно быть неразрывно связано с занятиями наукой, что, в том числе, обеспечивает навык критического мышления, навык отыскания нетривиальных решений и т.д. В сложившихся конкретно-исторических условиях престижность научной деятельности упала настолько низко, что привлечь к ней студентов крайне затруднительно, особенно, если пытаться делать это в массовом порядке. Отдельные исключения, как правило, связаны со студентами – выходцами из семей научных работников. Принцип Гумбольдта в постсоветской высшей школе де-факто перестал работать, в том числе, потому, что студенты не обладают достаточным жизненным опытом, чтобы для них стала значимой немонетарная мотивация.

Это возвращает к необходимости подготовки, как минимум, двух категорий выпускников университетов, условно говоря «специалистов» и «творцов», а также к необходимости разрешения первого из рассматриваемых базовых противоречий: подготовка «творцов» в условиях жесткой диктатуры бюрократии выглядит, мягко говоря, иллюзорной.

Применительно к рассматриваемому комплексу проблем это приводит к выводу о необходимости разработки **непрямых** методов регулирования. С точки зрения институциональной экономики, этот вывод, в свою очередь, однозначно приводит к заключению о необходимости становления **неформальных** институций, комплементарных системе высшего образования и нацеленных на стимулирование инновационной деятельности. Упрощая, суть метода, которым разрешается рассматриваемое выше противоречие, состоит в следующем. Формальные институции (например, факультеты) остаются под административным контролем, но акцент смещается с контроля над **процессом** на контроль над **результатом**. Следует подчеркнуть, что по отношению к инновационной деятельности результат контролировать гораздо проще, чем процесс обучения, так как указанный результат может быть измерен непосредственно в денежном выражении (прибыль староповских компаний). Для достижения заданного результата, формальные институции формируют неформальные или близкие к ним по характеру функционирования, что снимает вопрос об избыточном администрировании.

Соответствующие тенденции уже реализуются на практике, более того, они имеют определенную поддержку со стороны государства. Так, при многих университетах стран ЕАЭС уже функционируют технопарки, задачей которых теоретически является именно поддержка стартаповских компаний, в первую очередь, молодежных. Однако на практике инновационная активность такого рода структур также сдерживается всеми теми негативными факторами, которые сопряжены с существованием развитой бюрократии.

Это еще раз говорит о важности такого инструмента как **неформальные** институты, комплементарные формальным.

Примеры того, насколько успешными могут быть неформальные институты такого рода также известны. Так, казахстанская пресса неоднократно писала об успешной деятельности неформального семинара, организованного при корейском научно-техническом обществе «Кахак» в г. Алма-Ате [10], на котором специалисты различного профиля, в том числе, зарубежные, делились со студентами казахстанских университетов своим опытом инновационной деятельности.

Такой подход обеспечил весьма высокую скорость внедрения инноваций, большая часть из которых, разумеется, относится по существующей классификации к категории микроинноваций. Однако, с точки зрения учебного процесса, как справедливо отмечается в цитированной заметке, именно микроинновации заслуживают самого пристального внимания. Действительно, даже сравнительно небольшая отдача в финансовом выражении может обеспечить достаточную мотивацию для студентов, причем важнейшую роль здесь играет именно высокая скорость получения результата.

Рассмотренный пример [10] важен также и тем, что он наглядно демонстрирует не только важность неформальных институтов, но и необходимость учета специфики конкретных государств или групп государств. Упомянутые выше достижения [10] во многом базировались на опыте южнокорейских неформальных институтов – чеболи, представляющих собой финансово-промышленные группы, сформированные именно неформальным образом, что обеспечило учет национальной специфики и высокие темпы научно-технического развития Южной Кореи. Опыт чеболи западными специалистами в области институциональной экономики изучен недостаточно, к тому же далеко не все факторы, обеспечивающие повышенную эффективность институтов данного типа доступны для изучения, однако, не вызывает сомнений, что само их существование позволяет говорить о необходимости учета конкретно-исторических условий, не догматизируя положения англосаксонской макроэкономической школы.

Таким образом, можно утверждать, что разрешение базовых противоречий, присущих системе постсоветского образования, так или иначе должно быть связано с формированием неформальных институтов, а также обеспечением внутренних градаций внутри специальности: студент должен иметь возможность выбора траектории обучения, в зависимости от того, кем он желает стать – «специалистом» или «творцом» (эти названия, разумеется, условны).

Такой подход – деление не только по специальностям, но и по интеллектуальным особенностям обучения – обеспечивает разрешение еще одного базового противоречия постсоветской высшей школы. С одной стороны, общество – в лице подавляющего большинства его рядовых членов – рассматривает высшее образование преимущественно как социальный лифт. С другой стороны, общество – в лице предпринимателей, государственных

и негосударственных организаций и т.д. – рассматривает высшую школу преимущественно как инструмент подготовки кадров для конкретных сфер деятельности. Существование данного противоречия наглядно можно проследить на примере статистики предпочтений абитуриентов. (Как известно, в постсоветских странах лидирующие позиции здесь занимают специальности, связанные с экономикой и управлением.)

Таким образом, негативные тенденции, проявляющиеся в высшем образовании стран ЕАЭС, связаны далеко не только с вопросами финансирования и государственной поддержки. Значительная часть этих тенденций может быть преодолена силами самой высшей школы при условии адекватной постановки задачи, учитывающей объективно существующие противоречия. В известной степени, значительные трудности, с которыми сталкивается постсоветская высшая школа кратко можно выразить словами Ф. Энгельса: «презрение к диалектике не остается безнаказанным».

Литература:

1. Дружилов С. А. Проблемы высшего профессионального образования как симптомы системного кризиса // Международный журнал экспериментального образования. – 2012. – №. 10. – С. 8–11.
2. Карманова Д.А. Кризис российского высшего образования: к проблеме аспектизации // Лабиринт. – 2012. – № 1. – С. 78–84.
3. Shaltykova D. B., Suleimenova K. I., Suleimenov I. E., Obukhova P. V. Post-transition period and quality of higher education: ways to overcome the crisis phenomena // International Letters of Social and Humanistic Sciences. – 2013. – № 8. –P. 49–56.
4. http://www.akorda.kz/ru/speeches/internal_political_affairs/vystuplenie-prezidenta-kazahstana-nnazarbaeva-na-ix-astaninskom-ekonomicheskom-forume
5. Schumpeter J. A. Capitalism, socialism and democracy. – Routledge, 2013. – 431 p.
6. Schumpeter J. A. Entrepreneurship as innovation // Entrepreneurship: The social science view. – 2000. – С. 51–75.
7. Сулейменов И.Э., Габриелян О.А., Пак И.Т., Панченко С.В., Мун Г.А. Инновационные сценарии в постиндустриальном обществе // Книжная серия: Библиотека ЭКСПО-17. – Выпуск 2. – Алматы–Симферополь: Print-Express, 2016. – 218 с.
8. Смирнов С. Н. Российская бюрократия и ее роль в процессах модернизации // Мир России. – 2009. – Т. 18., № 4. – С. 115–139.
9. <http://magazines.russ.ru/logos/2002/5/shedel.html>
10. Пак И.Т. Научные инновации – бизнес молодых ученых // Корё Ильбо (Республиканская корейская газета, Алматы). – № 17 (1561). – 5.05.17. – С. 12–13.

Поступила 6 июня 2017 г.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Абеджанов А.С. и.о. старшего мастера цеха №7 Усть-Каменогорского титано-магниевого комбината
2. Абеджанова А.С. старший преподаватель кафедры машиностроения Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д.Серикбаева
3. Аширязев К.Ш. к.т.н., доцент кафедры инженерных сетей и систем Казахского национального исследовательского технического университета им. К.И.Сатпаева
4. Баймухамбетов А.А. – магистрант кафедры инженерных систем и сетей Казахского национального исследовательского технического университета им. К.И.Сатпаева
5. Габриелян О.А. – д.ф.н., профессор, декан философского факультета Таврической Академии Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, Симферополь, Российская Федерация
6. Ерлан Г.Е. – магистрант 1 курса факультета химии и химической технологии Казахского национального университета им. аль-Фараби
7. Есимова О.А. – к.х.н., старший преподаватель кафедры аналитической, коллоидной химии и технологии редких веществ факультета химии и химической технологии Казахского национального университета им. аль-Фараби
8. Жанбаев Р.А. – к.экон.н., старший научный сотрудник и менеджер научно-технологического парка Алматинского университета энергетики и связи.
9. Исенова Г.Д. – к.биол.н., заведующая лабораторией токсикологии пестицидов Казахского научно-исследовательского института защиты и карантина растений им. Жазкена Жиембаева
10. Исакова Т.К. – д.х.н., профессор, ассоциированный профессор Института химических и биологических технологий Казахского национального исследовательского технического университета им. К.И. Сатпаева
11. Керимкулова М.Ж. – к.х.н., старший преподаватель кафедры аналитической, коллоидной химии и технологии редких веществ факультета химии и химической технологии Казахского национального университета им. аль-Фараби
12. Ким А.С. – д.ф.-м.н., заведующий лабораторией исследования литосферно-ионосферных процессов Института

- ионосферы Национального центра космических исследований и технологий
13. Литвинов Ю.Г. – к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории исследования литосферно-ионосферных процессов Института ионосферы Национального центра космических исследований и технологий
 14. Мун Г.А. – д.х.н., профессор, заведующий кафедрой химии и технологии органических веществ, природных соединений и полимеров факультета химии и химической технологии Казахского национального университета им. аль-Фараби
 15. Нурпеисова Ж.А. – PhD, доцент кафедры химии и технологии органических веществ, природных соединений и полимеров факультета химии и химической технологии Казахского национального университета им. аль-Фараби
 16. Пак И.Т. – доктор технических наук, профессор, г.н.с. Института информационных и вычислительных технологий МОН РК
 17. Пралиев К.Д. – д.х.н., профессор, академик НАН РК, заведующий лабораторией химии синтетических и природных лекарственных веществ Института химических наук им. А.Б. Бектурова
 18. Рвайдарова Г.О. – к.биол.н., ведущий научный сотрудник лаборатории токсикологии пестицидов Казахского научно-исследовательского института защиты и карантина растений им. Жазкена Жиембаева
 19. Сулейменов И.Э. – д.х.н., к.ф.-м.н., профессор, заведующий лабораторией нанoeлектроники Алматинского университета энергетики и связи
 20. Фасхутдинов М.Ф. – к.х.н., ведущий научный сотрудник лаборатории токсикологии пестицидов Казахского научно-исследовательского института защиты и карантина растений им. Жазкена Жиембаева
 21. Шахова Е.Э. – бакалавр, лаборант Института информационных и вычислительных технологий
 22. Шпади Ю. Р. – к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории исследования литосферно-ионосферных процессов Института ионосферы Национального центра космических исследований и технологий
 23. Ю В.К. – д.х.н., профессор, главный научный сотрудник лаборатории химии синтетических и природных лекарственных веществ Института химических наук им. А.Б.Бектурова

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЗОР

КИМ А.С., ШПАДИ Ю.Р., ЛИТВИНОВ Ю.Г.

О математическом моделировании процессов в очаговых зонах землетрясений и литосферно-ионосферных связях 4

ХИМИЯ

**ЕСИМОВА О.А., ФАХУТДИНОВ М.Ф., РВАЙДАРОВА Г.О., ИСЕНОВА Г.Д.,
ЕРЛАН Г. Е., КЕРИМКУЛОВА М.Ж.**

Баз-полимер кешендерінің беттік қасиеттері және алманың ауруларына қарсы бактерицидті, фунгицидті әсері 39

ПРАЛИЕВ К.Д., ИСКАКОВА Т.К., Ю В.К.

Бенчмаркинг химии синтетических лекарственных веществ 48

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

АБЕДЖАНОВА А.С., АБЕДЖАНОВ А.С.

Современные методы и алгоритмы управления транспортными потоками в городах 61

БАЙМУХАМБЕТОВ А.А., АШИРЯЕВ К.Ш.

Об организации нормирования водопотребления и водоотведения на предприятиях черной металлургии 70

**ЖАНБАЕВ Р.А., ПАК И.Т., САЙБЕЛЬ Е.Э., СУЛЕЙМЕНОВ И.Э.,
НУРПЕИСОВА Ж.А., МУН Г.А.**

Устройства для трехмерной печати: взгляд с точки зрения технологической безопасности Республики Казахстан 78

**СУЛЕЙМЕНОВ И.Э., ГАБРИЕЛЯН О.А., ЖАНБАЕВ Р.А., ПАК И.Т.,
НУРПЕИСОВА Ж.А., МУН Г.А.**

Стартаповские компании как возможный элемент учебного процесса 91

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ 99

CONTENTS

REVIEW

KIM A.S., SHPADI YU.R., LITVINOV YU.G.

About the mathematical modeling of processes in nidal zones of earthquakes and lithospheric-ionospheric relations 4

CHEMISTRY

**YESSIMOVA O.A., FASKHUTDINOV M.F., RVAYDAROVA G.O., ISSENOVA G.D.,
ERLAN G.E., KERIMKULOVA M.ZH.**

The counteraction of SAP-polymer complexes on the apple illnesses 39

PRALIYEV K.D., ISKAKOVA T.K., YU V.K.

Benchmarking of synthetic drugs chemistry 48

TECHNICAL SCIENCES

ABEJANOVA A. S., ABEJANOV A. S.

Modern methods and algorithms for management of transport flows in cities 61

BAIMUKHAMBETOV A.A., ASHIRYAEV K.S.

About organization of setting of norms of water consumption and wastewater on enterprises of ferrous metallurgy 70

**ZHANBAEV R.A., PAK I.T., SAIBEL E.E., SULEIMENOV I.E., NURPEISSOVA ZH.A.,
MUN G.A.**

Devices for three-dimensional printing: a view from the point of view of technological safety of the Republic of Kazakhstan 78

**SULEIMENOV I.E., GABRIELIAN O.A., ZHANBAEV R.A., PAK I.T.,
NURPEISSOVA ZH.A., MUN G.A.**

Start-up companies as a possible element of the training process 91

THE INFORMATION ABOUT AUTHORS..... 99

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

1. Журнал «Известия НТО «Кахак» публикует написанные на русском, казахском, английском и корейском языках оригинальные статьи, обзоры. Журнал дает информацию, связанную с деятельностью общества.

2. В оригинальных статьях могут рассматриваться результаты как теоретических, так и прикладных НИР.

3. Авторы, желающие опубликовать обзорную статью, должны предварительно согласовать ее тематику, представив аннотацию на 1–2 стр. В обзорах следует освещать темы, представляющие достаточно общий интерес по выбранной тематике или отражающие какой-либо важный аспект применения в промышленности, сельском хозяйстве, медицине и т.д. Допускается обобщение результатов многолетних исследований научных коллективов.

4. Объем статьи не должен превышать 10 страниц формата А4. Статья должна начинаться с введения. В нем должны быть даны: содержательная постановка рассматриваемого в статье вопроса, краткие сведения по его истории, отличие предлагаемой задачи от уже известных, или преимущество излагаемого метода по сравнению с существующим. Основная часть статьи должна содержать формулировку задачи и предлагаемый метод ее решения, заключительная часть – краткое обсуждение полученных результатов и, если возможно, пример, иллюстрирующий их эффективность и способы применения.

5. Все статьи проходят именное рецензирование.

6. Авторы могут представить электронную версию своей статьи по адресу: izv.ntokaxak@mail.ru

Требования к оформлению рукописей

Статьи представляются в электронном виде в текстовом редакторе Word 97, формулы набираются с помощью редактора MS Equation 3.0 (2.0) или Chem Draw.

Шрифт Times New Roman 12 pt. Межстрочный интервал одинарный. Поля: верхнее – 2,0 см, нижнее – 2,0 см, левое – 2,0 см, правое – 2,0 см. Абзац – красная строка – 0,5 см.

Текст статьи должен начинаться с указания:

с левой стороны – **индексов МРНТИ и УДК**, ниже приводятся:

- название статьи (прописные буквы, форматирование по центру),
- фамилии и инициалы авторов (прописные/светлые, форматирование по центру),
- название организации и ее местонахождение,
- e-mail авторов
- резюме (краткое изложение содержания статьи, дающее представление о теме и структуре текста, а также основных результатах, **7–10 предложений**),
- ключевые слова, обеспечивающие полное раскрытие содержания статьи (**7–10 слов**),
- текст статьи,
- список литературы,
- Ф.И.О. авторов, название статьи, резюме, ключевые слова на трех языках (на казахском, английском и русском).

Рисунки должны быть представлены в отдельном файле.

Статья представляется в **doc** или **docx** формате, а также идентичная копия в **pdf** формате, на электронный адрес журнала, в отдельных файлах дублируются рисунки, таблицы, графики, схемы, а также приводятся сведения об авторах (имя, отчество, ученая степень, ученое звание, служебный адрес, место работы, должность и телефоны для связи).

Ссылки на литературные источники в тексте приводятся в квадратных скобках. Библиографический список оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1–2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание: общие требования и правила составления».

Компьютерный набор и макетирование Ли У.П.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Курмангазы, 40 (Дом Дружбы), офис 34
Тел. 8(727)–2726774

Подписано в печать 15.07.2017 г.

Печать трафаретная. Формат 60х84 1/16. Бумага офсетная № 1.

Тираж 500 экз.

Отпечатано в «Print Express. Издательство и полиграфия»

Алматы, ул. Курмангазы/Мауленова 110/81

Тел. 8(727)–2726011, 8(727)–2726050