



Қазақстан Республикасы  
Ұлттық инженерлік академиясының

# ХАБАРШЫСЫ

---

## ВЕСТНИК

Национальной инженерной академии  
Республики Казахстан

№ 2 (80)

Алматы  
2021

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
ВЕСТНИК НАЦИОНАЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ РК**

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР**  
**академик Б. Т. ЖУМАГУЛОВ**

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

**Н. К. Надиров** – академик, заместитель главного редактора; **Е. И. Имангалиев** – ответственный секретарь; академик **Ж. М. Адилов**, академик **А. Ч. Джомартов**, академик **Р. А. Алшанов**, академик **М. Ж. Битимбаев**, академик **А. В. Болотов**, академик **А. И. Васильев** (Украина), академик **Б. В. Гусев** (Россия), академик **Г. Ж. Жолтаев**, академик **В. Ч. Вальдемар** (Польша), академик **К. К. Кадыржанов**, академик **К. С. Кулажанов**, академик **А. А. Кулибаев**, академик **М. М. Мырзахметов**, академик **Х. Милошевич** (Сербия), академик **Г. А. Медиева**, академик **А. М. Пашаев** (Азербайджан), академик **Н. М. Темирбеков**, академик **А. К. Тулешов**, академик **Б. Б. Телтаев**, академик **Ю. И. Шокин** (Россия).

**INTERNATIONAL  
SCIENTIFICALLY-TECHNICAL JOURNAL  
HERALD TO NATIONAL ENGINEERING ACADEMY  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

**B. T. ZHUMAGULOV**  
**Editor-in-Chief, academician**

**THE EDITORIAL BOARD:**

**N. K. Nadirov** – academician, Deputy Editor; **Y. I. Imangaliyev** – Managing Editor; **Zh. M. Adilov**, academician; **A. Ch. Dzhomartov**, academician; **R. A. Alshanov**, academician; **M. Zh. Bitimbayev**, academician; **A. V. Bolotov**, academician; **A. I. Vasilyev**, academician (Ukraine); **B. V. Gusev**, academician (Russia); **G. Zh. Zholtayev**, academician; **Wójcik Waldemar** academician (Poland); **K. K. Kadyrzhhanov**, academician; **K. S. Kulazhanov**, academician; **A. A. Kulibayev**, academician; **M. M. Myrzakhmetov**, academician; **H. Miloshevich**, academician (Serbiya); **G. A. Mediyeva**, academician; **A. M. Pashayev**, academician (Azerbaijan); **N. M. Temirbekov**, academician; **A. K. Tuleshov**, academician; **B. B. Teltayev**, academician; **Yu. I. Shokin**, academician (Russia).

## **УЧРЕДИТЕЛЬ:**

Республиканское общественное объединение  
«Национальная инженерная академия Республики Казахстан».

Издается с 1997 года.

Выходит 4 раза в год.

Свидетельство о регистрации издания № 287 от 14.11.1996 г.,  
выдано Национальным агентством по делам печати и массовой информации  
Республики Казахстан.

Свидетельство о перерегистрации № 4636-Ж от 22.01.2004 г.,  
выдано Министерством информации Республики Казахстан.

Журнал включен Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан  
в перечень изданий для публикации основных результатов научно-технических работ соис-  
кателей ученых степеней доктора философии PhD и доктора по профилю и ученых званий  
доцента и профессора.

Журнал включен в международную англоязычную базу реферативных данных по техниче-  
ским наукам INSPEC.

Подписку на журнал можно оформить в отделениях связи АО «Казпочта»,  
ТОО Агентстве «Евразия пресс» и ТОО Агентстве «Еврика пресс».

### ***Подписной индекс:***

для физических лиц – **75188**,  
для юридических лиц – **25188**.

Подписка продолжается в течение года.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Богенбай батыра, 80, к. 415.

Тел. 8-7272-915290, факс: 8-7272-915190,

e-mail: [nia\\_rk@mail.ru](mailto:nia_rk@mail.ru), [ntpneark@mail.ru](mailto:ntpneark@mail.ru), [www.neark.kz](http://www.neark.kz)

## **FOUNDER:**

Republic public association  
“National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan”.

Published since 1997 year.

Issued 4 times a year.

Certificate about registration the edition N 287, November, 14, 1996,  
was given by National agency on affaires of press and mass information  
of the Republic of Kazakhstan.

Certificate about re-registration N 4636-Zh, January, 22, 2004,  
was given by Ministry of information of the Republic of Kazakhstan.

The Committee of Science of Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan has included the Journal into the list of issues for publication of the main results of scientific-technical investigations of applicants for scientific degrees ( Doctor philosophy PhD, Doctor on specialization) and academic ranks (Professor and Associate professor).

The Journal was included into international English-language abstracts database on technical sciences “INSPEC”.

Subscription to journal may be drawn up at post offices of OJSC “Kazpochta”,  
in PLL Agency “Evraziya press” and PLL Agency “Evriska press” .

### ***Subscription index:***

for natural persons – **75188**,  
for juristic persons – **25188**.

Subscription continues during a year.

Address of editorial offices: 050010, Almaty city, Bogenbay Batyr str., 80, off. 415.

Tel. 8-7272-915290, fax: 8-7272-915190,

e-mail: [nia\\_rk@mail.ru](mailto:nia_rk@mail.ru), [ntpneark@mail.ru](mailto:ntpneark@mail.ru), [www.neark.kz](http://www.neark.kz)

---

---

## КЛЮЧЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН



*Бахытжан Жумагулов  
Президент Национальной  
инженерной академии РК,  
депутат Сената Парламента РК,  
академик*

### БУДУЩЕЕ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

26 мая 2021 г. состоялось расширенное заседание Президиума Национальной инженерной академии Республики Казахстан под председательством ее президента, Депутата Сената Парламента РК Бахытжана Турсыновича Жумагулова, где был обсужден ряд важнейших вопросов развития нефтегазового комплекса страны.

В своем выступлении Б.Т. Жумагулов подчеркнул, что только опора на инновации, технологический прогресс и человеческий капитал обеспечат выживание отрасли в нынешних непростых условиях. Эффективные и экономичные технологии позволяют обеспечить экономическое, экологическое и коммерческое лидерство Казахстана в деле производства нефти по единому циклу – от разведки на нефть до бензоколонки.

Нефть и газ традиционно называют «черным золотом», а для Казахстана нефтегазовая отрасль – это важнейший элемент народного хозяйства.

Но в условиях резко обострившейся мировой конъюнктуры среди нефтедобывающих стран уже недостаточно просто добывать и поставлять нефть отечественным и зарубежным потребителям, ее надо добыть более эффективно, перерабатывать и использовать более экономично, чем это делают конкуренты. Только реализованные с прибылью нефть и нефтепродукты действительно становятся «черным золотом».

Проблемы конкурентоспособности нашей нефтегазовой отрасли особенно обнажились и обострились в последнее время в связи с резким падением нефтяных цен и спроса на нефть из-за пандемии коронавируса. Из отчета «IHS-Markit», одной из самых признанных экспертных компаний мира, средняя цена безубыточности нефти Казахстана, добываемой на суше, составляет 46 долларов за баррель. Для сравнения, цена безубыточности по Саудовской Аравии – 17 долларов за баррель. Это сравнение предельно ясно иллюстрирует необходимость прорыва в конкурентоспособности производства нашей нефти по всему циклу, включающему выявление, добычу, подготовку, транспортировку и глубокую переработку нефти, вплоть до поставок нефтепродуктов конечному потребителю.

Нельзя не согласиться с мнением Президента Казахстана Касым-Жомарта Токаева о необходимости в условиях неблагоприятных реалий нашего времени «осуществить масштабную, глубинную трансформацию экономики».

Мы убеждены, что ключом к глубинной трансформации – прорыву в нефтяной отрасли, которая является локомотивом экономики нашей страны, может и должно стать внедрение в отрасль инновационных механизмов и собственно инноваций – непосредственно в систему нефтепроизводства и нефтепотребления.

Настало время совершить технологический прорыв в преобразовании нефтегазовой отрасли. Мы должны сделать отрасль не только на порядок экономически более эффективной в сравнении с прямыми конкурентами, но и сделать углеводородные топлива экономически и экологически чистыми и подтвердить это на практике. Только в этом случае мы сможем максимально добывать и продавать нашу нефть, газ и полученные товарные продукты их переработки, создать основу благосостояния будущих поколений казахстанцев.

Учеными, инженерами, изобретателями Национальной инженерной академии РК и нашими международными партнерами разработаны эффективные и экономичные технологии, внедрение которых позволит резко снизить себестоимость и повысить эффективность производства нефти, нефтепродуктов, повысить рыночную оценку, экономическую и экологическую привлекательность отрасли, вывести ее в разряд мировых технологических лидеров.

На протяжении нескольких десятилетий совместно со своим постоянным партнером – компанией «Galax Energy Corporation» (США, г. Хьюстон) мы разработали технологию, которая обеспечит разработку высоковязких, трудноизвлекаемых нефтей, заводненных, истощенных месторождений с себестоимостью, не превышающей 4–5 доллара за баррель; транспортировку трубопроводами в разы больших объемов нефти без повышения затрат.

В области нефтепереработки разработана технология низкотемпературной гидроконверсии, синтеза нефтепродуктов, которые позволят глубоко перерабатывать углеводородное сырье любого качества при относительно низких температурах, производить рыночно востребованные продукты с возможностью быстрого перепрофилирования производства. Эта технология признана научным открытием.

Большая проблема еще в том, что нужно не только эффективно добывать, перерабатывать, но и эффективно использовать углеводороды, не загрязняя окружающую среду.

Известно, что использование нефтяных углеводородов в виде газомоторного топлива более экономично и экологично.

По предложению Национальной инженерной академии РК и поддержки Национального оператора АО «КазТрансГаз» было принято Постановление Правительства РК от 29 ноября 2018 г. № 797 по использованию природного газа в качестве газомоторного топлива на 2019-2022 годы.

Весьма важным является вопрос рассмотрения проблемы развития рынка природного газа (метан) в качестве моторного топлива в республике и реализации Постановления Правительства, что обеспечит экономическую, энергетическую и экологическую эффективность этого важного звена отрасли.

Специалисты Национальной инженерной академии РК, ТОО «НТФ «Инжиниринг» (г. Актобе) совместно с российской компанией ООО «НТФ» (г. Санкт-Петербург) разработали и внедрили эффективные и экономически привлекательные технологии производства сжиженный природный газ (СПГ) для использования на газовых промыслах, а также выделения сжиженной пропан-бутановой фракции (СПБФ) из попутного нефтяного газа на малых нефтяных месторождениях. Технологии предусматривают полную утилизацию всего объема попутного газа путем сжижения и разделения всех компонентов на товарные продукты, а также очистку попутного нефтяного газа от сероводорода и меркаптанов.

Предлагаемая новая технология производства СПГ и выделения сжиженной пропан-бутановой фракции основана на принципе создания глубокого холода (ниже минус 160°С) с помощью устройств без вращающихся механизмов, что практически не ограничивает ресурс эксплуатации такого оборудования. Модульные комплексы прошли апробацию в получении сжиженного природного газа и выделении СПБФ, они надежны в работе и просты в обслуживании, что в итоге обеспечивает их быструю окупаемость.

Для внедрения новых эффективных технологий построена система стандартизации сжиженного природного газа в рамках Евразийского экономического союза (ЕАЭС), учитывающая использование попутного нефтяного газа для нужд энергетики и транспорта, в целом для экономики страны, сохранения биосферы.

Имеются также перспективы и возможности расширения использования газомоторного топлива в Казахстане на международной транспортной магистрали Европа – Китай.

ГРНТИ 73.37.41

<https://doi.org/10.47533/2020.1606-146X.79>

**К. АЛДАМЖАРОВ, К. КОШЕКОВ, И. ПИРМАНОВ\***

*АО «Академии Гражданской Авиации», г. Алматы, Казахстан*

### **ВИБРАЦИЯ ТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С КРИТЕРИЕМ КАЧЕСТВЕННОГО СБОРА РОТОРА И ИХ ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ**

*Рассматривается проблема вибрации авиационных турбинных двигателей, учитывая дисбаланс ступеней роторов. Показано, что объем информации, содержащейся в данных, полученных при постоянных измерениях амплитуд и частот поперечной вибрации двигателей, особенно в случае мультиротора, не может быть чрезмерным. Представлены взаимосвязи этих параметров с конструкционной формой роторов, качеством их реализации и сборки, влиянием на зазоры в опорах и возможностями обнаружения аварийных состояний двигателей*

**Ключевые слова:** корпус летательного аппарата, амплитуда и частота вибрации двигателя, динамическая деформация, турбинные двигатели, ротор, ротор компрессора, гибкие заглушки, барабанный диск.

Во всех технических устройствах (механических, гидравлических, пневматических и т.д.), работающих в изменяющихся условиях, особенно циклических, существует вероятность возникновения резонансного явления. Резонансное явление можно использовать для улучшения заполнения цилиндров поршневого двигателя с помощью соответствующей настройки частоты вибрации воздушного столба во впускной трубе в соответствии со скоростью вращения двигателя. Это явление может быть полезно и использовано для оценки величины трещины лопастей компрессора или турбины реактивного двигателя во время работы. Определение диапазона частот узлов двигателя можно рассмотреть как меру качества продукции данного производителя.

В исследованиях уделяется слишком мало внимания влиянию степени дисбаланса роторных узлов авиационных турбинных двигателей на их нагрузку и динамическую деформацию. Дисбаланс также приводит к нагрузке подшипников, узлов двигателя и рам двигателя. Также не было оценки влияния этих нагрузок на долговечность конструкции и безопасность полета. Определение влияния степени дисбаланса ротора на амплитуду поперечного нагружения корпуса летательного аппарата не сложно, труднее оценить изменения долговечности корпуса летательного аппарата, вызванные этим дисбалансом.

---

\* Адрес для переписки. E-mail: [ildar.pirmanov@mail.ru](mailto:ildar.pirmanov@mail.ru)



Основной проблемой для определения значения степени дисбаланса ротора является определение подачи необходимой мощности для достижения подходящей скорости вращения всего ротора за время измерений. В процессе измерения дисбаланса ротора практически производится при скорости вращения, обычно от 10% до 20% от его номинального значения. Следовательно, если предположить, что погрешность измерения, полученная в этих условиях, составляет всего  $\pm 1\%$ , то в рабочем диапазоне погрешность оценки нагрузки из-за дисбаланса ротора возрастает до более чем  $\pm 25\% - 100\%$  (центробежная сила пропорциональна квадрату скорости вращения). Повысить точность измерения степени дисбаланса ротора возможно путем размещения этого испытанного ротора в вакуумной среде или заполненной гелием и увеличить его скорость вращения до рабочего значения.

У всех турбинных двигателей, начиная с их возникновения, компрессор и роторы турбины статически и динамически сбалансированы. Большинство авиационных турбинных двигателей имеют отдельные роторы компрессоров и турбин с собственными подшипниками, но часто с общим центральным кольцом. Такое решение обусловлено тем, что позволяет освободить внутренний подшипник от реакционных сил дисбаланса каждого отдельного ротора путем регулировки взаимного углового положения роторов компрессора и турбины.

Силы, которые возникают из-за дисбаланса зависят только от квадрата скорости вращения ротора только при условии, что центр масс ротора не меняет своего положения относительно оси вращения. Изменение положения центра масс во время работы двигателя может быть вызвано следующими факторами: а) малая поперечная жесткость ротора и его деформация; б) уменьшение массы (например, отрыв части лопасти ротора) и увеличение зазора в роторе.

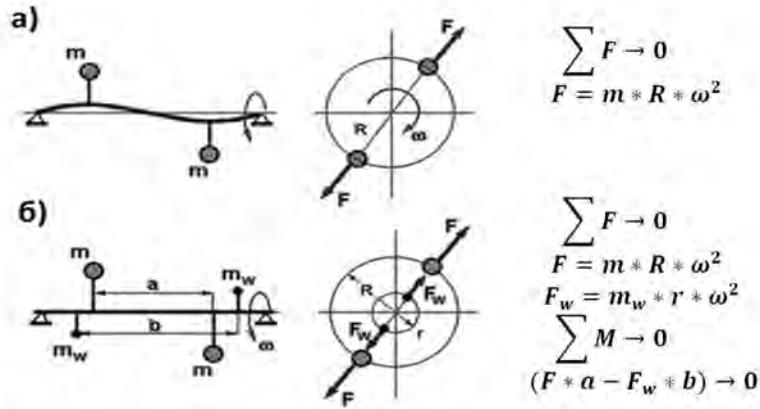
В результате действия массовых сил при вращении ротора возникают нагрузки, вызванные дисбалансом роторов. При этом газодинамические силы зависят не только от режима работы двигателя (от скорости вращения), но и от скорости и высоты полета (именно от плотности воздуха на входе в двигатель).

Непрерывное измерение и регистрация амплитуд и частот вибрации рамы двигателя в выбранной плоскости позволяет создать специальный диагностический параметр, который можно назвать «коэффициентом безопасности полета».

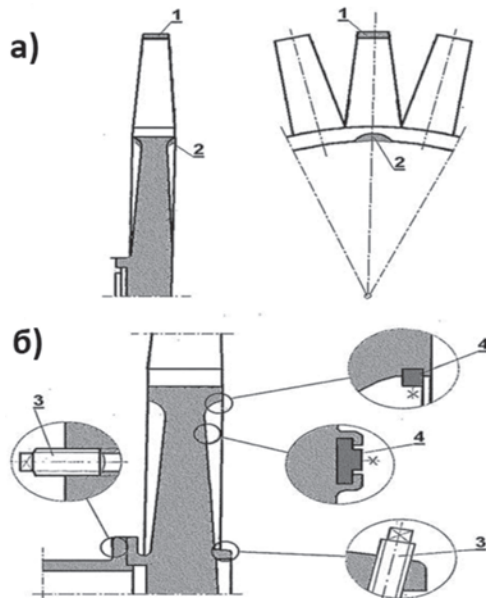
**Балансировка роторов.** В некоторых конструкционных случаях из-за их малых окружных скоростей и плоской структуры статическая балансировка является достаточной. Для блоков, вращающихся с большими скоростями и имеющих значительные размеры вдоль оси, требуется дополнительная динамическая балансировка. На рис.1 показаны принципы статической и динамической балансировки вращающихся блоков. Несбалансированные массы были импортированы в общую плоскость. Отсюда ясно, что статическое уравнивание может быть достаточным только для плоских осевых симметричных дисков (например, диски ротора турбин низкого давления).

Многоступенчатые узлы роторов компрессоров и многоступенчатые узлы этих турбин представляют собой вытянутые в осевом направлении вращающиеся блоки, имеющие множество взаимно соединенных барабанов, дисков и валов с частотолами лопастей ротора, размещенными по отдельности на внешних кольцах дисков.

Как статический, так и динамический процесс балансировки зависит от удаления массы из «более тяжелых» мест (путем полировки, соскабливания или фрезерования) или добавления массы (в виде подходящих винтов) в «более легкие» места расположения роторов (рис. 2).



**Рисунок 1** – Принципы балансировки осе-симметричных блоков  
 а) статическая балансировка; б) динамическая балансировка

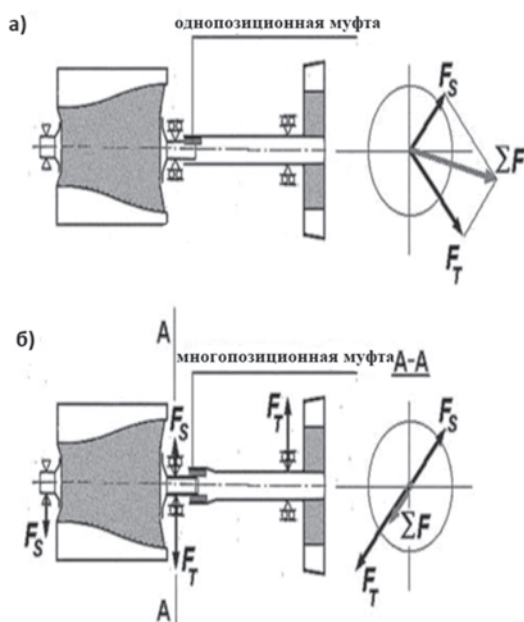


**Рисунок 2** – Методы балансировки ротора: а) удаление массы; б) добавление массы:  
 1 - укорочение вершины лопасти; 2 - удаление материала с боковой поверхности диска;  
 3 - балансировочный винт; 4 - балансирующая масса

Каждый ротор компрессора в турбореактивном двигателе механически связан с ротором турбины (в соответствии с принципом работы). Применяются два метода в

соединении этих сборок. Первый метод зависит от заводской настройки их общего положения (специальной асимметричной шлицевой муфтой). С помощью этого метода были соединены роторы двигателей Derwent и Nene (и их версии). Во втором методе роторы турбины и компрессора связаны таким образом, что векторы остаточной дисбаланса роторов турбины и компрессора имеют противоположные направления (графически показано на рис. 5).

Благодаря такому методу сборки ротора несбалансирующий вектор всей сборки является наименьшим (меньше, чем каждый разбалансирующий вектор компонентов ротора) и позволяет компенсировать действие сил дисбаланса на крайних опорах с помощью дополнительной балансировочной массы. Однако в этом случае необходимо обеспечить возможность сопряжения роторов турбины с ротором компрессора в различных взаимных угловых установках. Эта операция должна иметь возможность выполняться в мастерских по ремонту двигателей.



**Рисунок 3** – Влияние способа сборки роторных сборок на их балансировку:

- а) заводская настройка взаимного углового положения роторов;
- б) оптимальное положение, установленное в ремонтной мастерской

В процессе балансировки ротора (особенно компрессоров) существенным ограничением является величина необходимой мощности, чтобы поддерживать достаточную скорость их вращения для точного измерения силы дисбаланса в плоскостях опор ротора. Значения мощности, принимаемой компрессорами современных реактивных двигателей, достигают сотен киловатт. Хотя необходимые внешние мощности во время испытаний для поддержания вращения роторов турбин, компрессоров и вентиляторов меньше, чем при работающем двигателе, но эти мощности являются серьезным ограничением для современных балансировочных машин. Эти ограниче-

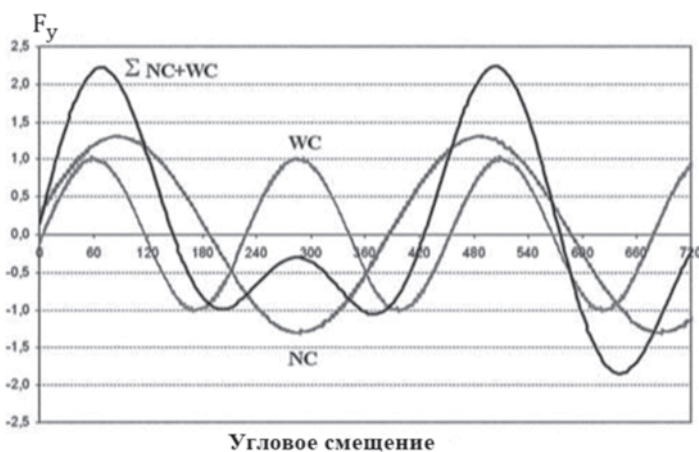
ния граничных возможностей применяемых балансировочных станков практически позволяют проводить измерения на скоростях вращения, которые составляют всего лишь один процент от номинальной скорости вращения роторов. Можно получить несколько более высокие скорости вращения в испытательных роторах в вакуумной среде или заполненным гелием комнате (плотность гелия примерно в семь раз меньше плотности воздуха).

Важным критерием оценки качества сборки, ремонта и изготовления является измерение величины степени дисбаланса роторов на заводе или в ремонтной мастерской. Оценить текущее техническое состояние двигателя и прогнозировать период безопасного использования позволяет наблюдение за изменениями величины степени дисбаланса работы кольцевого ротора. Уменьшение несбалансированной степени ротора турбинного двигателя оказывает существенное влияние на долговечность его конструкции.

**Переходная вибрация двигателя.** Силы инерции, действующие на роторы, являются основным источником поперечной вибрации турбинного двигателя, вызванные дисбалансом центры масс роторов, не совпадающие с осями их вращения.

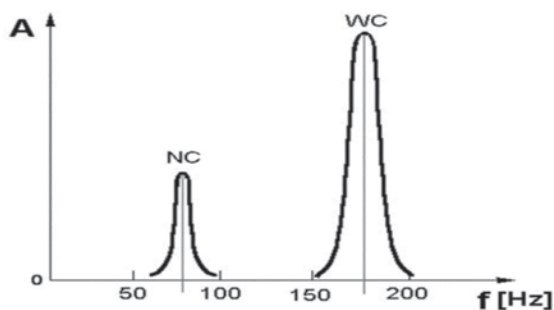
В двигателе с двумя катушками (с газодинамически соединенными роторами) график функции вертикальных сил, возникающих по причине дисбаланса обоих роторов, воздействующих на раму двигателя, зависит от временного скольжения роторов и меняется циклически. На рисунке 4 показаны: временные значения вертикальных сил инерции, возникающие из-за дисбаланса, как функции углового положения ротора генератора газа, так и функции углового положения (отдельно для обоих роторов) и результирующей силы.

Приведенные выше изложения позволяют рассчитать возникающие при дисбалансе величины сил. Экспериментальная проверка расчетов выполняется посредством обработки данных, записанных в электронном виде смещений, скоростей смещений или ускорений в зависимости от частоты их возникновения.



**Рисунок 4** – Изменения вертикальных составляющих неуравновешенных сил  $F_y$  в зависимости от углового положения роторов:  $NC$  - низкое давление;  $WC$  - высокое давление;  $NC + WC$  - результирующие силы обоих роторов

На рис. 5 показаны зависимости амплитуд колебаний, вызванные несбалансированными силами двухконтурного двухтактного реактивного двигателя, работающего на максимальной мощности. Частота появления наибольших амплитуд позволяет определить, какой ротор или блок создает эти максимальные амплитуды (например, клетку подшипника качения или ротор масляного пенообразователя) путем сравнения скоростей вращения отдельных конструктивных элементов. Роторы, дисбаланс которых изменяется во время работы, генерируют преобладающие амплитуды. Контроль над этими изменениями позволяет вовремя подать сигнал и заметить повреждения, которые могут вызвать поломку двигателя, например, чрезмерный износ сколы части лопасти ротора или подшипника. Важно то, что появление и раннее обнаружение амплитуды вибрации, имеющей частоту на 100% превышающую, возникающую из-за скорости вращения ротора, основную частоту ( $f=n/60$  [1/S]). Это указывает на достижение значения кольцевого зазора в подшипниковом кольце, которое вызывает потерю точки контакта (отделение роликов качения от подшипникового кольца). В результате возникает угроза ускорения износа подшипника и ликвидация зазоров в лопастях ротора (между лопастями и рамой возникает трение) и вскоре может произойти поломка двигателя.



**Рисунок 5** – Амплитуда (A) вибрации двигателя от наложенной частоты (f):  
WC - от ротора высокого давления; NC - от ротора низкого давления

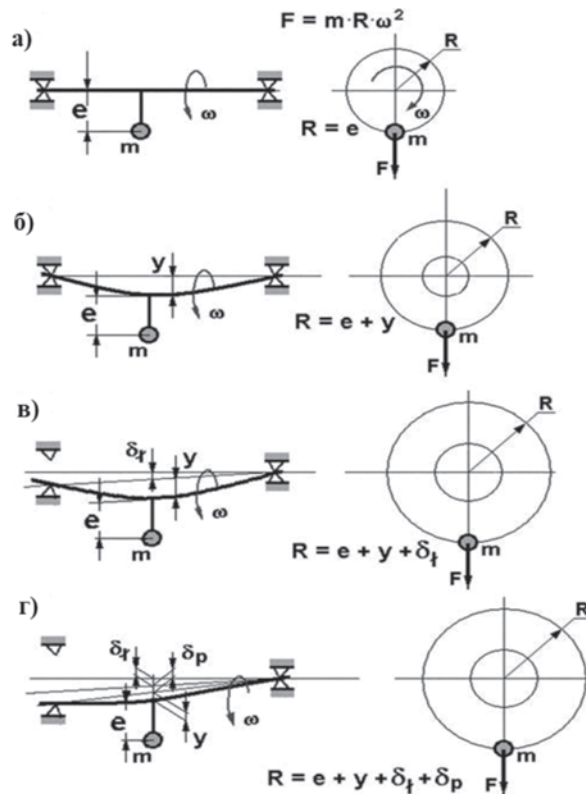
Чтобы использовать практически вышеизложенную теорию для диагностики всей совокупности двигателей и конкретного двигателя, необходимо определить влияние эксплуатационных условий, монтажных и конструктивных особенностей на формирование вибрации.

Положение центра масс, размещенного в подшипнике рамы ротора, обусловлено их радиальными зазорами. Ротор в состоянии покоя и при малых скоростях вращения положение центра масс устремляется в направлении действия гравитационных сил. При увеличении скорости вращения увеличивается и поперечное смещение центра масс ротора для достижения значения его прогиба. После пересечения скорости вращения, при которой центробежная сила, действующая радиально на перемещаемую массу, пересечет гравитационную силу, в результате произойдет круговое «наматывание» ротора на наружные обоймы подшипника, чтобы в соответствии с временным направлением устранить радиальный зазор подшипников, результирующего вектора

центробежной силы. На гибкость опор также могут быть намотаны подшипниковые кольца, в которые они помещены. Указанные факторы влияют на радиальное смещение центра масс ротора относительно его оси вращения, как показано на рис. 6.

Но во всех случаях предполагалось, что не искажена одна из опор ротора, а установленный в ней подшипник не имеет радиального зазора. Радиальное движение центра масс ротора ( $m$ ) изначально имеет значение эксцентрики ( $e$ ), к которому добавляются, в свою очередь, и из-за восприимчивости поддержки смещение ( $\delta p$ ), и исходящее из зазора подшипника смещение ( $\delta t$ ) и прогиб ротора ( $y$ ).

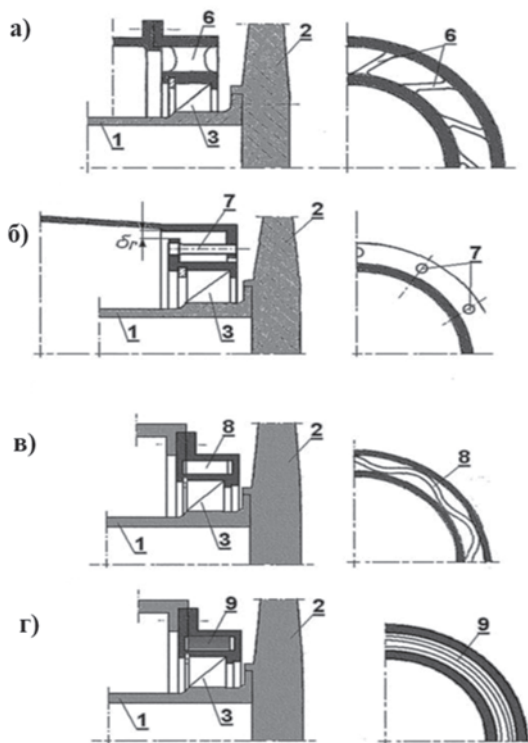
Выше описаны основные факторы, влияющие на радиальное перемещение центра масс ротора относительно его геометрической оси, означающее, что жесткость (ротора и опоры рамы подшипника) и зазор подшипника (сбор) оказывают существенное влияние на положение центра масс в эксплуатационных условиях двигателя как остаточная дисбалансировка ротора, полученная в процессе его изготовления и сборки. Помимо вышеуказанных факторов положение центра масс ротора также изменяется из-за деформаций (тепловых) опор рамы, узлов компонентов ротора и подшипников. Эти деформации зависят от высоты и скорости полета, текущей нагрузки двигателя (мощности или тяги) и даже климатической зоны, в которой используется самолет.



**Рисунок 6** – Перемещение центра масс ротора под действием дисбалансовых сил с учетом:  
 а) эксцентрика центра масс; б) деформируемость ротора; в) радиальный зазор в одном кольце;  
 г) деформируемость одной опоры



Во время работы двигателя происходит износ подшипников, эрозионное уменьшение материала в лопатках ротора и увеличение подшипниковых опор в опорах рамы. Все эти факторы влияют на изменение положения центра масс ротора и на степень его дисбаланса. Изменения дисбаланса роторов для каждого конкретного двигателя зависят от типа его работы. Практически повсеместно используется метод, при котором оценивается период безопасного использования двигателя в соответствии с его текущим техническим состоянием. В этом же методе необходимо сравнивать начальные значения диагностических параметров нового или отремонтированного двигателя с текущим состоянием. Это также должно быть связано с профилем вибрации, определяемым на двигателе, установленном на корпусе летательного аппарата.



**Рисунок 7** – Принципы построения гибких опор роторов: а) с гибким ребром; б) с восприимчивыми кольшками; в) с волнистой гибкой вставкой; г) с пакетом жестяных вставок 1 - вал; 2 - опорный диск ротора; 3 - подшипник; 6 - гибкое ребро; 7 - гибкие заглушки; 8 - волнистая гибкая вставка; 9 - пакет с оловянной вставкой

Гибкие опоры применяются повсеместно для смягчения вибрации на корпусе летательного аппарата, которая передается роторами через подшипники на опорах, различных узлах двигателя и его подвеске. Из-за легкости конструкции все опоры авиационных двигателей в значительной степени гибки, но в данном случае гибкость введена намеренно. Для получения необходимой гибкости опор авиационных двигателей на рис. 7 представлены типовые конструктивные приемы (рис. 7 (а) – с наи-

большим стажем работы, применен в двигателях семейства Dervent и Nene; (рис. 7б) применен среди других двигателей, но разработан также в этой фирме. Особо хочется заострить внимание на решениях, показанных на рис. 7 (в) и 7 (г). На этих рисунках даны решения ослабления вибрации за счет заполнения маслом замкнутого пространства между внешним кольцом и его опорой в раме. Заполненное маслом пространство сжимается через щели в гибких вставках под действием сил нагрузки подшипника.

Значительное изменение динамической характеристики роторных сборок и спектр вибрации двигателя, передаваемый на корпус летательного аппарата, было обусловлено введением в конструкцию авиационной турбины двигателей гибких опорных подшипников для компрессоров, роторов турбин и вентиляторов. Положительный эффект от этого введения – большое уменьшение амплитуд колебаний, передаваемых на конструкцию корпуса летательного аппарата. Иными словами происходит основное уменьшение вибраций, создаваемое производственным остаточным дисбалансом ротора. Остаточный дисбаланс возрастает во время длительной работы в результате образования эрозионных потерь лопастей ротора и оседания на них пыли. Гибкость опор ротора значительно уменьшает диапазоны критических скоростей роторов, но не является желательной характеристикой двигателя. Предпочтение падает на докритические роторы авиационных двигателей. Считается, что рабочий диапазон скоростей вращения докритических роторов должен быть отдален от критического диапазона, по меньшей мере, от 20% до 25%. Значения эти исходят, прежде всего, из опыта, полученного на основе определения причин выхода из строя двигателей, производственных испытаний при экстремальной нагрузке на двигатели и анализа изменений зарегистрированных эксплуатационных параметров, проведенных в соответствии с техническим состоянием двигателей.

**Заключение.** Можно сделать вывод – очевидным является то, что значения частот поперечных колебаний и амплитуд двигателей являются наиболее важными диагностическими параметрами и наиболее чувствительными. Об этом свидетельствуют изменения в виде роста амплитуд и появления новых частот, являющихся угрозой поломки двигателя. Однако они не только могут предупреждать о постепенном износе (повреждении) подшипников, узлов ротора и опор в раме двигателя.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Balicki W.: Wpływ warunków i zakresów pracy oraz cech termodynamiczno-przepływowych turbinowych silników odrzutowych na informację diagnostyczną.
- 2 Rozprawa doktorska. Wojskowa Akademia Techniczna 1997 r.
- 3 Den Hartog: “Теория колебаний” “Teoriya kolebanij”. Wyd. GTTI, Moskwa 1942 r.
- 4 Głowacki P., Łagosz M., Szczeciński S.: Drgania silnika, jako wskaźnik diagnostyczny. Wojskowy Przegląd Techniczny 1989, nr 4.
- 5 Głowacki P., Łagosz M., Szczeciński S.: Drgania w dwuwirnikowych silnikach odrzutowych. Wojskowy Przegląd Techniczny 1989, nr 5.
- 6 Gosiewski Z.: Aktywne sterowanie drganiami wirników. Wyd. Uczelniane WSI w Koszalinie, Koszalin 1989 r.
- 7 Kruschik J.: Die Gasturbinen. Wien 1960 r.
- 8 Kurkiewicz M., Zambrzycki H., Szczeciński S.: Przyczyny drgań silników turbinowych. Prace Instytutu Lotnictwa 1994, nr 137.



9 Łagosz M., Nowotarski I., Szczeciński S.: Wpływ cech konstrukcyjnych silników odrzutowych na krytyczne prędkości obrotowe. Prace Instytutu Lotnictwa 1994, nr 137.

10 Ponomariov S. i in.: Osnovy sovremennykh mieto-dov rasciota na procnost' v masinostrojenii. Wyd. „Oborongiz”, Moskwa 1952 r.

11 Stodola A.: Dampf und Gasturbinen. Berlin 1924 r.

12 Szczeciński S.: Lotnicze silniki tłokowe. Wyd. MON, Warszawa 1969 r.

13 Szczeciński S.: Studium o luzach wierzchołkowych zespołów wirnikowych lotniczych silników jako para-metrze konstrukcyjnym i eksploatacyjnym – rozprawa habilitacyjna. Dodatek do Biuletynu WAT nr 4/1973 r.

14 Szczeciński S.: Lotnicze silniki turbinowe Wyd. MON, Warszawa 1964 r.

15 Timoszenko S.: Teoriya kolebanij v inženierom delie. Wyd. GTTI, Moskwa 1932 r.

### **К.АЛДАМЖАРОВ, К.КОШЕКОВ, И.ПИРМАНОВ**

*АО «Азаматтық авиация академиясы», Алматы қ., Қазақстан*

## **РОТОРДЫҢ САПАЛЫ ЖИНАЛУ КРИТЕРИЙІ БАР ТУРБИНАЛЫҚ ҚОЗГАЛТҚЫШТАРДЫҢ ДІРІЛІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ТЕХНИКАЛЫҚ ЖӘЙ-КҮЙІ**

*Бұл мақалада ротор сатыларының теңгерімсіздігін ескере отырып, авиациялық турбиналық қозғалтқыштардың дiрiлдеу мәселесi қарастырылады. Қозғалтқыштардың көлденең дiрiлiнiң амплитудасы мен жиiлiгiн тұрақты өлшеу кезiнде алынған мәлiметтердегi ақпараттың мөлшерi артық болмайтыны көрсетiлген. Бұл параметрлердiң роторлардың құрылымдық формасымен өзара байланысы, оларды орындау және құрастыру сапасы, мойынтіректердегi саңылауларға әсерi және қозғалтқыштың апаттық жағдайларын анықтау мүмкiндiктерi келтiрiлген.*

***Түйін сөздер:** ұшақтың корпусы, қозғалтқыш тербелісінің амплитудасы мен жиілігі, динамикалық деформация, турбиналық қозғалтқыштар, ротор, компрессор роторы, икемді итпельдер, барабан дискісі.*

### **K. ALDAMZHAROV, K. KOSHEKOV, I. PIRMANOV**

*Academy of Civil Aviation, Almaty, Kazakhstan*

## **VIBRATION OF TURBINE ENGINES WITH CRITERION FOR QUALITATIVE ROTOR COLLECTION AND THEIR TECHNICAL CONDITION**

*This article discusses the problem of vibration of aircraft turbine engines, given the imbalance of the rotor stages. It is shown that the amount of information contained in the data obtained by constant measurements of the amplitudes and frequencies of the transverse vibration of the motors, especially in the case of a multirotor, cannot be excessive. The interconnections of these parameters with the structural form of the rotors, the quality of their implementation and assembly, the effect on the gaps in the bearings and the capabilities of detecting emergency engine conditions are presented.*

***Key words:** amplitude and frequency of engine vibration, dynamic deformation, turbine engines, rotor, compressor rotor, flexible plugs, drum disc.*

**Н. А. ДОЛЖЕНКО\***

*АО «Академия Гражданской Авиации», г.Алматы, Казахстан*

*e-mail: nadin-air@mail.ru*

## **ПАДЕНИЕ УРОВНЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АВИАТРАНСПОРТНОГО СЕКТОРА В РЕЗУЛЬТАТЕ ВСПЫШКИ ПАНДЕМИИ COVID-19**

*Решение проблем кризиса не является чем-то новым для авиакомпаний и авиационного и туристического сектора в целом. Подобно тому, как отрасль преодолела прошлые эпидемии, экономический спад, досадные нарушения безопасности и другие изнурительные события, она также преодолевает кризис COVID-19. Действия, предпринимаемые правительствами, лидерами отрасли и отдельными авиакомпаниями в этот период, будут влиять на глубину кризиса, как долго будут длиться последствия, как быстро восстановится отрасль, в какой степени отрасль будет преобразована и какие компании появятся относительно сильнее своих сверстников.*

**Ключевые слова:** *авиация, безопасность, регулярность, деятельность авиационного сектора, кризис, авиакомпании, полёты, развитие.*

**Введение.** Более высокие цены на билеты, меньшее количество маршрутов, предполетные медицинские осмотры и еще меньше бесплатного питания. Пандемия коронавируса возвестила новую эру в авиоперевозках.

Буквально пустые аэропорты свидетельствуют о том, что пандемия коронавируса затронула практически все сферы авиационной отрасли. Мы должны быть готовы к прерывистому и длительному выздоровлению.

Всего за несколько недель коронавирус прервал десятилетия развития казахстанской авиации – это «воздушный взрыв», который стал одним из величайших культурных и экономических явлений в послевоенном мире. Сейчас все приостановлено. По данным аналитических компаний, с января авиакомпании Казахстана и всего мира сократили вместимость самолетов более чем на 70 процентов.

Компании также обеспокоены тем фактом, что люди, вероятно, не захотят находиться в замкнутом пространстве даже после того, как вирус окажется под контролем. Согласно исследованию Международной ассоциации воздушного транспорта (IATA), более 40 процентов потенциальных пассажиров планируют подождать еще как минимум шесть месяцев, прежде чем снова вылететь после того, как меры будут отменены и границы будут вновь открыты.

**Основная часть.** Воздушный транспорт составляет небольшую долю ВВП, но он тесно связан с деятельностью других секторов, особенно аэропортов и авиастроения, которые в совокупности рассматриваются здесь как «авиационная промышленность». Авиационная промышленность является ключевым фактором для многих других видов экономической деятельности.

Резкое падение спроса на пассажирский воздушный транспорт (и в меньшей степени на грузовые) из-за пандемии COVID-19 и мер по сдерживанию угрожает жизнеспособности многих компаний, как в секторе воздушного транспорта, так и в остальной авиационной отрасли, на кону много рабочих мест.

---

\* Адрес для переписки. E-mail: [nadin-air@mail.ru](mailto:nadin-air@mail.ru)

В то время как авиационная промышленность часто становилась целью государственной политики, кризис COVID-19 ускорил появление нового пакета кредитов, гарантий по кредитам, субсидий на заработную плату и вливаний в акционерный капитал, что вызвало обеспокоенность по поводу конкуренции и эффективного использования государственных ресурсов.

Чтобы продвигать устойчивую траекторию развития авиационной отрасли, государственная политика должна отдавать приоритет общесекторальным мерам и конкуренции. В частности, им необходимо:

- найти баланс между потребностью в поддержке и риском искажения конкуренции. В случаях, когда меры поддержки для конкретных компаний необходимы или уже были реализованы, они не должны исказить правила игры с другими фирмами в авиационной отрасли;

- сохранить динамику бизнеса и позвольте уйти. Поскольку спрос может структурно отличаться от спроса до кризиса и, возможно, ниже, правительствам следует поощрять реструктуризацию и избегать поддержки нежизнеспособных фирм, но поддерживать уволенных работников;

- поощрять инвестиции в «зеленый» переход и тем самым повышать долгосрочную устойчивость авиационной отрасли, например, путем принятия решений о поддержке на уровне компаний в зависимости от улучшения состояния окружающей среды;

- обеспечить устойчивость на протяжении всей цепочки создания стоимости в авиации, включая производителей самолетов и аэропорты. Поскольку координация между секторами и другими политиками имеет решающее значение, политические меры реагирования на кризис COVID-19 в авиационной отрасли должны быть интегрированы в стратегии перехода к низкоуглеродным технологиям, реализуемые или обсуждаемые во многих странах ОЭСР.

Воздушный транспорт – небольшая, но важная часть экономики. Сектор воздушного транспорта (пассажирский и грузовой) составляет лишь небольшую долю добавленной стоимости стран ОЭСР. Тем не менее, прочные межотраслевые связи как с добывающим, так и с перерабатывающим сектором делают его важной частью экономики.

Во-первых, воздушный транспорт опирается на несколько восходящих секторов: вспомогательная деятельность для воздушного транспорта (включая эксплуатацию аэропортов); авиастроение; услуги аренды и лизинга; производство очищенной нефти (включая смешивание биотоплива). В частности, сектор воздушного транспорта и аэропорты неразрывно связаны. Некоторые аэропорты сильно зависят от одной или нескольких компаний, которые используют их в качестве хаба. Совместное владение является обычным явлением либо для частных субъектов (например, Lufthansa владеет миноритарной долей в аэропорту Франкфурта), либо для государственного сектора. Показатели регулирования товарных рынков ОЭСР показывают, что в 2018 году государственный сектор являлся акционером крупнейшего внутреннего аэропорта в трех из каждых четырех стран ОЭСР и крупнейшего авиаперевозчика в одной из трех стран. Более того, производители самолетов сильно зависят от спроса со стороны авиатранспортного сектора напрямую или через лизинговые компании. Поскольку

как уровень деятельности, так и стратегические решения, касающиеся воздушного транспорта, аэропортов и авиастроения, взаимосвязаны, в данном обзоре они рассматриваются вместе как «авиационная промышленность».

Во-вторых, воздушный транспорт является ключевым элементом для секторов переработки и сбыта, поскольку он позволяет осуществлять несколько видов экономической деятельности посредством торговли товарами и особенно услугами посредством перемещения физических лиц (например, торговля услугами по способу 4). Авиаперевозки необходимы для бесперебойной работы глобальных цепочек поставок. Деловые поездки – важный канал передачи международных знаний. Доступность беспосадочных межконтинентальных рейсов является важным фактором, определяющим местонахождение штаб-квартир крупных фирм, даже несмотря на то, что влияние аэропортов на местную экономическую деятельность обсуждается. Готовность полетов к большому количеству пунктов назначения также важна для туризма, в частности международного туризма.

Помимо межотраслевых связей, воздушный транспорт характеризуется как взаимодополняемостью, так и взаимозаменяемостью с другими видами транспорта, особенно высокоскоростным железнодорожным транспортом на маршрутах короткой и средней протяженности. По оценкам Международного энергетического агентства, в условиях, предшествовавших COVID, 14% мировых рейсов можно было бы перевести на высокоскоростные железнодорожные перевозки. Тем не менее, воздушный транспорт остается важным для территориальной сплоченности и конвергенции развития, поскольку зачастую это единственный жизнеспособный способ соединения периферийных регионов.

Изменение поведения пассажиров после кризиса COVID-19, ограничений на поездки и последующего экономического кризиса привело к резкому падению спроса на услуги авиакомпаний. По данным IATA, пассажирский воздушный транспорт, измеряемый как коммерческий пассажирский километр, снизился на 90% в годовом исчислении в апреле 2020 года и все еще на 75% в августе. Спад экономической активности и торговли сказался на грузоперевозках, которые в апреле были почти на 30% ниже по сравнению с аналогичным периодом прошлого года и все еще примерно на 12% ниже в августе.

Размер шока оказал давление на буферы ликвидности авиакомпаний, даже если значительная часть их затрат является переменной (около 50% по данным IATA, в частности, топливо составляет 25% от общих затрат), и недавнее падение цены на нефть снизили эксплуатационные расходы авиакомпаний.

В среднесрочной перспективе авиакомпании сталкиваются с двумя факторами неопределенности:

Стоимость оздоровительных мероприятий. Эксплуатационные расходы, вероятно, увеличатся в краткосрочной перспективе как для авиакомпаний, так и для аэропортов из-за дополнительных требований к здоровью и безопасности (например, дезинфекция, СИЗ, проверка температуры или вирусные тесты), прежде чем они могут быть переданы потребителям. Более того, если они будут реализованы в отношении воздушного транспорта, меры социального дистанцирования могут привести к сни-

жению коэффициента пассажирской загрузки (т.е. количества мест, которые могут быть заняты во время полета) до 50%.

Форма подъема для коммерческих рейсов. Ограничения на международные поездки, сокращение экономической активности и изменения в поведении на транспорте со стороны осторожных потребителей могут помешать возвращению к докризисным уровням спроса, даже несмотря на то, что во многих странах были ослаблены меры карантина и ограничения на поездки внутри страны. Восстановление коммерческих авиaperевозок происходит медленно: по состоянию на сентябрь 2020 года количество рейсов остается более чем на 40% ниже докризисного уровня во всем мире. За этим скрываются различия в продолжительности полета: на дальнемагистральных рейсах сокращение еще более заметно. В долгосрочной перспективе изменения в поведении потребителей могут привести к структурным изменениям спроса на воздушный транспорт. Несмотря на то, что восстановление внутренних рейсов в Китае предполагает, что объем перевозок может вернуться к докризисному уровню, нельзя исключать необратимое падение спроса с докризисных уровней, в том числе за счет модальных изменений в торговле услугами (например, видеоконференцсвязь вместо деловых поездок.) или, в меньшей степени, за счет замены другими видами транспорта (например, высокоскоростными поездами).



Количество рейсов, совершенных авиакомпаниями мира за год

$$110000 \times X = 30000$$

$$X = \frac{30000}{110000}$$

$$X = 27\%$$

$$100\% - 27\% = 73\%$$

Отсюда следует, что количество рейсов с начала года до момента введения строгих карантинных мер снизилось на целых 73%.

Сочетание отрицательного шока спроса и предложения и неопределенность в отношении среднесрочной перспективы создают неопределенные перспективы для авиакомпаний. Благодаря межотраслевым связям эта неопределенность влияет на всю авиационную отрасль. Более того, отрасль по-прежнему подвержена возможному возобновлению пандемии, поскольку правительства могут ввести новые ограничения на авиаперелеты для борьбы с обострениями или потенциальной второй волной инфекций. Это может поставить под угрозу существование некоторых фирм в отрасли, поскольку объем производства и выручка, вероятно, в течение некоторого времени останутся ниже докризисного уровня.

До начала кризиса COVID-19 авиакомпании были в совершенно разных ситуациях. В частности, воздушный транспорт является одним из секторов с наибольшим разбросом производительности между компаниями и, в меньшей степени, прибыльности. Таким образом, авиакомпании вошли в кризис с совершенно разными способностями противостоять такому шоку и неоднородными перспективами на будущее.

Банкротства или слияния и поглощения крупных компаний могут отрицательно сказаться на конкуренции в сфере воздушного транспорта, что может сказаться на ценах. Даже если 80% пассажирских мест находятся на маршрутах с несколькими перевозчиками, многие из этих маршрутов зависят от небольшого количества фирм (36% маршрутов включают только двух или трех перевозчиков).

Вмешательства государственной политики в авиационную отрасль в прошлом имели разные причины. Большинство вмешательств нацелено на производителей самолетов. Эти фирмы обычно используют метод обучения на собственном опыте и значительную экономию на масштабе, что может привести к недостаточным инвестициям в технологии, инновации или производственные мощности и, следовательно, оправдать государственную поддержку. Государственная политика также направлена на координацию широкого круга поставщиков и различных ноу-хау, а также на обеспечение безопасности воздушных судов. В последнее время производители самолетов также стали объектом зеленой промышленной политики, стремясь ускорить переход к низкоуглеродным самолетам. Помимо поддержки производителей самолетов, правительства также вмешались, чтобы сохранить рабочие места в крупных авиатранспортных компаниях.

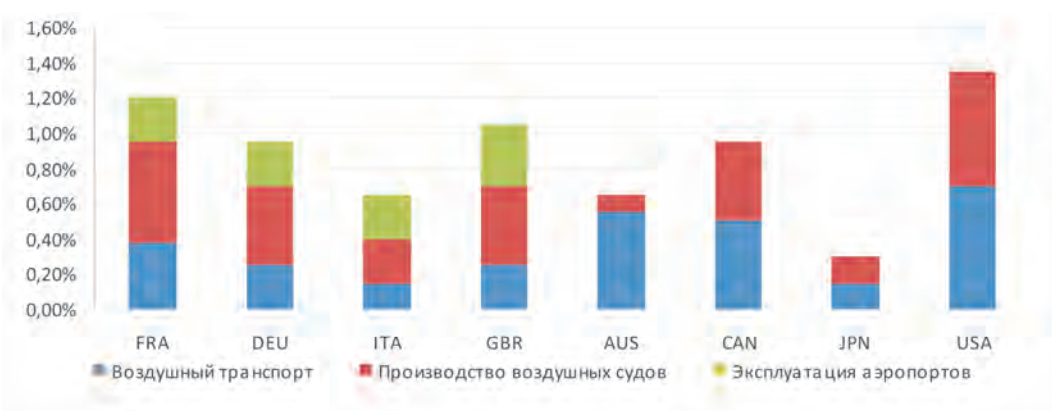
Когда дело доходит до реагирования на кризис COVID-19, большинство мер, направленных на конкретный сектор или компанию, до сих пор были нацелены на воздушный транспорт. По состоянию на август 2020 года правительства предоставили авиакомпаниям поддержку на сумму около 160 миллиардов долларов США. Почти две трети этой поддержки состоит из прямой помощи (субсидии, ссуды, акционерный капитал, вливание денежных средств), а одна четверть принимает форму субсидий на заработную плату. Вмешательства обычно принимают три формы:

Схемы нецелевой поддержки, предназначенные для предоставления ликвидности фирмам независимо от их деятельности, включая расширение существующих схем сохранения рабочих мест или введение новых;



Отраслевые схемы (например, авиакомпании, работающие в Австралии, или вся авиационная отрасль во Франции), в том числе схемы поддержки работников авиакомпаний (например, Программа поддержки заработной платы в США);

Меры поддержки конкретных фирм, включая частичную или полную национализацию, реализованные некоторыми странами из-за присутствия крупных компаний в секторе воздушного транспорта (например, Alitalia, Lufthansa).



Размер авиационной отрасли в отдельных странах ОЭСР

По мере затягивания кризиса правительства могут больше прибегать к вливанию капитала. По данным IATA, даже если авиакомпании, похоже, не войдут в кризис с более высоким уровнем левериджа, чем компании в других секторах, их уровень долга может вырасти на целых 28% в 2020 году. При отсутствии вливания капитала это существенно повлияет на их способность финансировать новые инвестиции, а для некоторых фирм - на их платежеспособность.

Кризис COVID-19 усилил некоторые из причин, которые ранее использовались для оправдания поддержки авиационной отрасли. В частности, проблемы с ликвидностью, увеличение долгового бремени и неопределенные перспективы могут поставить под угрозу важнейшие инвестиции, направленные на снижение углеродоемкости отрасли, особенно приобретение, более экономичных самолетов.

В то время как промышленная политика в авиационной отрасли в первую очередь ориентирована на производителей самолетов, кризис выявил решающую роль воздушного транспорта и инфраструктуры аэропортов в обеспечении связи периферийных районов (в частности, островов). В нескольких странах (Франция, Греция, Исландия, Италия, Испания, Норвегия, Португалия) розничные тарифы авиаперевозчиков на внутренние перевозки регулируются, а иногда и субсидируются в результате выполнения обязательств по предоставлению государственных услуг на определенных маршрутах.

Правительствам необходимо найти баланс между поддержкой авиационной отрасли и необходимостью сохранения конкуренции, в частности, при рассмотрении конкретных мер для компаний.

Государственное вмешательство может иметь неоднозначные последствия для конкуренции. С одной стороны, банкротство небольшого числа компаний может значительно снизить конкуренцию, а их спасение может предотвратить это. С другой стороны, вливание капитала может поставить под угрозу «конкурентный нейтралитет» государства и повлиять на доступ иностранных компаний на внутренний рынок. Хорошее управление государственными предприятиями необходимо для предотвращения негативного воздействия на конкуренцию, а также для повышения эффективности контролируемых фирм. Меры по стимулированию конкуренции должны, в частности, быть сосредоточены на снижении стоимости входа, например, путем резервирования оставленных мест в аэропортах для новых участников.

Приоритетом правительства должно быть сохранение деловой динамики в авиационной отрасли.

Вмешательство государства, если оно не продумано должным образом, может замедлить динамику бизнеса и в конечном итоге рост производительности. Если они выходят за рамки обще секторального вмешательства и предоставляют поддержку конкретным фирмам, правительства должны нацеливаться только на платежеспособные и производительные компании. Как и в любой другой отрасли, правительствам следует избегать поддержки нежизнеспособных компаний; скорее, они должны разрешить выход и способствовать перераспределению ресурсов. На практике это требует обще секторальных мер и усиления конкуренции.

Риск того, что государственное вмешательство отрицательно скажется на динамике бизнеса и производительности, может быть особенно серьезным для воздушного транспорта, учитывая большой разброс прибыльности и производительности между компаниями в этом секторе. Поскольку в среднесрочной перспективе спрос, вероятно, останется невысоким, сектор начал адаптироваться и сокращаться. В этом контексте правительствам следует разрешить сокращение, а не противодействовать ему, проявляя особую осторожность, способствуя реструктуризации или выходу из наименее эффективных компаний, продолжая при этом ориентироваться на эффективное использование государственных ресурсов.

В процессе реструктуризации правительству необходимо упростить переход для уволенных рабочих. Помимо снижения затрат для компаний, схемы сохранения рабочих мест защищали доходы работников авиационной отрасли в разгар кризиса. По мере устранения неопределенности в отношении стоимости мер по охране здоровья и формы восстановления после коммерческих рейсов схемы сохранения рабочих мест должны быть адаптированы к целевым рабочим местам, которые являются жизнеспособными, но могут быть уволены. В то же время правительствам необходимо сосредоточить внимание на поддержке работников авиационной отрасли, которые рискуют остаться без работы, а не на поддержке конкретных рабочих мест.

Политические меры должны стимулировать инвестиции для повышения устойчивости авиационной отрасли.

Несмотря на то, что сокращение выбросов является значительным, сокращение выбросов из-за мер по сдерживанию и экономического кризиса, вероятно, будет только временным и не будет иметь никакого значения для замедления изменения климата. В то время как заземление значительной части мирового флота может привести



к списанию наименее эффективных самолетов, кризис COVID-19 может также сократить или отложить необходимые инвестиции в низко углеродные технологии из-за финансовых ограничений и недавнего падения цен на нефть.

Инвестиции в более чистые самолеты и топливо могут способствовать долгосрочному повышению устойчивости авиационной отрасли. Выход фирм на путь устойчивого развития может способствовать их долгосрочной жизнеспособности и снизить моральный риск, потенциально вызванный нынешней волной поддержки. В этом отношении правительственные вмешательства должны рассматривать транспортный сектор целостно и, где это уместно, рассмотреть возможность продвижения перехода к более энергоэффективным видам транспорта, например высокоскоростная железная дорога.

Политические меры для поддержки инвестиций в устойчивость должны касаться всей авиационной цепочки создания стоимости, включая производителей самолетов и двигателей и аэропорты.

Политика не должна способствовать стимулированию спроса на воздушные суда со стороны авиакомпаний. Дополнительные расходы могут поставить под угрозу платежеспособность последних и неэффективно обеспечить стабильный поток заказов для производителей самолетов.

Более того, вместо того, чтобы сосредотачиваться на крупных игроках, вмешательства должны гарантировать включение молодых фирм и стартапов, например, посредством дополнительных мер (например, план поддержки французской аэронавтики включает средства и субсидии, предназначенные для малых и средних фирм). Отсутствие включения молодых компаний может привести к чрезмерной консолидации крупнейших игроков.

**Заключение.** В последние недели авиакомпании всего мира обращаются к своим правительствам за финансовой поддержкой. Благодаря государственным финансовым вливаниям, авиаперевозчики и крупные бюджетные авиакомпании, вероятно, выживут. В то же время, инвестиции правительств будут означать, что компании будут, по крайней мере, частично принадлежать государству или должны им деньги. По этой причине они, вероятно, будут вынуждены сократить количество рейсов или даже повысить цены на билеты. А рост цен на билеты может означать быстрое увеличение популярности железнодорожных перевозок.

Однако до сих пор почти невозможно предсказать, что будет с авиацией после коронавируса. Но, несомненно, что отмена запрета на поездки увеличит количество клиентов, которые хотят поехать к своей семье, друзьям или в отпуск. Кроме того, есть много людей, которые захотят использовать свой ваучер на уже купленный рейс, который был отменен или перенесен из-за мер безопасности.

## ЛИТЕРАТУРА

1 «Airlines Want To Cancel Rule Requiring Them To Refund Fares For Canceled Flights». NPR. 7 April 2020.

2 Jump up to:<sup>a</sup> <sup>b</sup> Inc, Aislelabs (4 May 2020), How Airports Globally are Responding to Coronavirus by Aislelabs, retrieved 8 May 2020

3 “Gudmundsson, S.V., Cattaneo, M., Redondi, R. Forecasting recovery time in air transport markets in the presence of large economic shocks: COVID-19”. SSRN. 9 June 2020.

4 Bradsher, Keith; Swanson, Ana (23 March 2020). “The U.S. Needs China’s Masks, as Acrimony Grows”. The New York Times. Retrieved 23 March 2020.

5 Cirium (3 April 2020). «Freight rates on the rise amid slump in passenger flights». Flightglobal.

6 Asaf, Seher. «Airlines remove seats from planes for cargo». Business Traveller. Archived from the original on 16 August 2020.

7 Brett, Damian (21 April 2020). «Air freight market goes into overdrive». Flightglobal.

### ***Н. А. ДОЛЖЕНКО***

*«Азаматтық авиация академиясы» АҚ  
Алматы, Қазақстан*

## **COVID-19 ПАНДЕМИЯСЫ ӨРШУІ ЖАҒДАЙЫНДА ӘУӘ КӨЛІГІ СЕКТОРЫНЫҢ ДЕҢГЕЙІНІҢ ТӨМЕНДЕУІ**

*Дағдарысты шешу әуе компаниялары үшін және жалпы авиация мен туризм секторы үшін жаңалық емес. Өнеркәсіп өткен эпидемияларды, экономикалық құлдырауды, қауіпсіздіктің бұзылуын және басқа да әлсірететін жағдайларды қалай жеңген болса, сонымен бірге COVID-19 дағдарысын да жеңеді. Осы кезеңде үкімет, сала басшылары және жекелеген авиакомпаниялар қабылдаған іс-шаралар дағдарыстың тереңдігіне, әсердің қанша уақытқа созылатындығына, саланың қаншалықты тез қалтына келетіндігіне, саланың қаншалықты өзгеретіндігіне және қандай компаниялар өз құрдастарына қарағанда салыстырмалы түрде мықты болып келетініне әсер етеді.*

**Түйін сөздер:** *авиация, қауіпсіздік, жүйелілік, авиация секторының қызметі, дағдарыс, авиакомпаниялар, рейстер, даму.*

### ***N.A. DOLZHENKO***

*JSC “Academy of Civil Aviation”, Almaty, Kazakhstan*

## **DECLINE IN AIR TRANSPORT SECTOR PERFORMANCE AS A RESULT OF COVID-19 PANDEMIC OUTBREAK**

*Tackling the crisis is nothing new for airlines and the aviation and tourism sector in general. Just as the industry has overcome past epidemics, economic downturns, annoying security breaches and other debilitating events, it will also overcome the COVID-19 crisis. Actions taken by the government, industry leaders and individual airlines during this period will influence the depth of the crisis, how long the impact will last, how quickly the industry will recover, to what extent the industry will be transformed, and which companies will emerge relatively stronger than their peers.*

**Key words:** *aviation, safety, regularity, activities of the aviation sector, crisis, airlines, flights, development.*

**Г. А. МУН<sup>1,3\*</sup>, З. М. ЕГЕМБЕРДИЕВА<sup>2</sup>, Э. К. ТЕМЫРКАНОВА<sup>2</sup>, С. В. КОНЬШИН<sup>2</sup>,  
А. Ж. АЛИКУЛОВ<sup>1,3</sup>, KINAM PARK<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Казахстан

<sup>3</sup>Национальная инженерная академия Республики Казахстан, г. Алматы, Казахстан

<sup>4</sup>Purdue University, West Lafayette, USA

e-mail [mungrig@yandex.ru](mailto:mungrig@yandex.ru), [egem.zm@mail.ru](mailto:egem.zm@mail.ru), [e.temyrkanova@aues.kz](mailto:e.temyrkanova@aues.kz), [s.konshin@aues.kz](mailto:s.konshin@aues.kz), [alikulov.adilet@gmail.com](mailto:alikulov.adilet@gmail.com)

## **ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СХЕМЫ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНЫХ ГИДРОГЕЛЕЙ И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ**

*Теоретически предсказано, что при протекании раствора низкомолекулярной соли через полиэлектrolитные сетку могут возникать электродвижущие силы, знак которых зависит от знака заряда сетки. Данное явление может быть использовано при разработке новых опреснительных систем, но для его дальнейшего изучения требуется разработка специфических измерительных инструментов и методик экспериментального исследования. Такие методики могут быть созданы за счет того, что системы на основе гидрогелей рассматриваемого типа обладают эквивалентными радиотехническими схемами, в состав которых входят реактивные компоненты (конденсаторы). Наличие конденсаторов в эквивалентной схеме связано с формированием двойных электрических слоев на границе гидрогеля и раствора. Для сеток с большой плотностью заряда амплитуда таких слоев может быть определена непосредственно на основе анализа баланса ионных токов в системе. Емкость конденсаторов, входящих в эквивалентную схему, может быть измерена за счет регистрации зависимости сдвига фазы между током и напряжением от частоты. Это, в свою очередь, позволяет разработать методику экспериментального исследования систем рассматриваемого типа при помощи зондирующих переменных токов малой амплитуды (метод радиотехнического зондирования).*

**Ключевые слова:** радиотехническое зондирование, эквивалентные схемы, разность потенциалов, полиэлектrolитные гидрогели, деминерализация воды, двойной электрический слой, индуцированная электродвижущая сила.

**Введение.** Еще в основополагающих работах [1,2] было продемонстрировано особое значение двойных электрических слоев, возникающих на границе полиэлектrolитного гидрогеля и раствора, которые, в частности, определяют степень набухания полиэлектrolитных сеток. На этой основе, в том числе удастся развить последовательную теорию набухания полиэлектrolитных гидрогелей, основанную на получении первых интегралов уравнений, описывающих распределение низкомолекулярных ионов в рассматриваемой системе [1].

Данный подход, в котором для описания свойств гидрогелей используется приближение сплошной среды и базовые уравнения электростатики может быть распространен на изучение воздействия электрического тока на полиэлектrolитные сетки, что впервые было показано в [3]. В цитированной работе было доказано, что вариации электростатических сил, приводящих к изменению степени набухания полиэлектро-

---

\* Адрес для переписки. E-mail: [mungrig@yandex.ru](mailto:mungrig@yandex.ru)

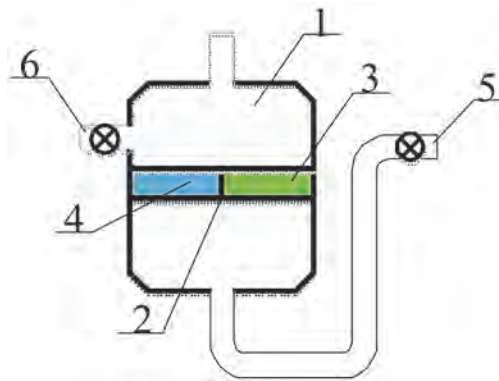
литного гидрогеля под воздействием электрического тока, могут быть определены на основе только лишь анализа баланса ионных токов, развивающихся в системе. Именно такой подход позволил обосновать обобщенный закон Фарадея, впервые экспериментально установленный в [4], на той же основе оказывается возможным проводить последовательно описание явлений, связанных с сосуществованием нескольких фаз при набухании полиэлектролитных гидрогелей [5].

В данной работе показано, что возможность сведения теоретического описания стационарной неравновесной системы, в которой через гидрогель протекают ионные токи, к анализу баланса токов позволяет перейти к эквивалентным радиотехническим схемам такого рода систем. Это, в свою очередь, позволяет далее перейти к разработке методики радиотехнического зондирования систем рассматриваемого типа, которая позволяет непосредственно определять характеристики двойных электрических слоев, определяющих ее поведение.

Данный метод становится особенно актуальным в свете необходимости совершенствования методов опреснения засоленных грунтовых вод для РК, в частности потому, что столица государства находится в регионе, где имеются в основном источники именно такой воды [6]. Нужно также принимать во внимание, что общая ориентация на зеленую энергетику неразрывно связана со снижением энергозатрат на любые процессы промышленного масштаба, а также со снижением нагрузки на окружающую среду.

**Результаты и их обсуждение.** Наиболее экологически приемлемыми являются методики опреснения, основанные на использовании цикла сжатия – набухания гидрогелей. В настоящее время известен целый ряд разновидностей такого рода методик опреснения [6,7], причем теоретическое описание любой из них укладывается в концепцию, восходящую к [1].

Однако их практическое использование затруднено необходимостью создавать ионные токи (например, вызывающие коллапс гидрогелей) при помощи сторонних сил (электрический ток [6] или механическое воздействие [7]). В то же время существует возможность реализовать ионный ток непосредственно при помощи протекания раствора через гель (Рис.1).



**Рисунок 1** – Вариант схемы установки для обессоливания воды с использованием автодиализа

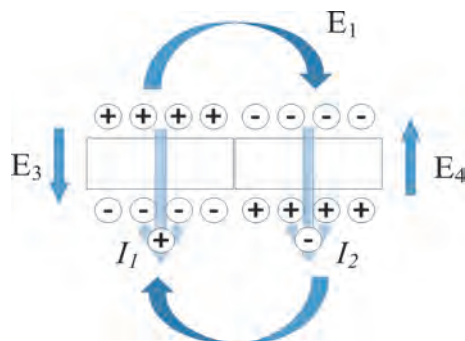
На данном рисунке показан вариант схемы, предназначенной для деионизации воды (обеднения воды по низкомолекулярным солям).

Данная схема включает в себя:

- емкость, в которую заливается обессоливаемая вода (1),
- мембранный слой (2), состоящий из катионообменной (3) и анионообменной (4) частей;
- трубки для отвода раствора, обогащенного (5) и обедненного (6) по низкомолекулярной компоненте, соответственно.

Устройство работает следующим образом. При истечении раствора низкомолекулярной соли через среду, в которой существует разность между концентрациями низкомолекулярных ионов противоположного знака заряда возникает потоковая разность потенциалов.

Механизм возникновения данной разности потенциалов иллюстрирует Рис.2, на котором показан пример, относящийся к ситуации, когда концентрация подвижных катионов в рассматриваемой среде превышает концентрацию подвижных анионов.



**Рисунок 2** – Возникновение ЭДС при движении потока жидкости через составной мембранный слой гидрогеля

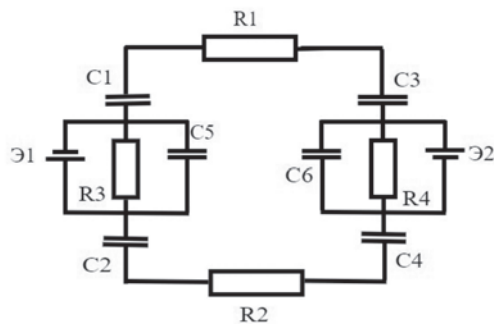
При условии, что через рассматриваемую среду протекает постоянный поток жидкости, содержащей низкомолекулярные ионы, данный поток вовлекает в свое движение, в том числе и те подвижные заряженные частицы, которые образуются вследствие диссоциации функциональных групп сетки. Так как концентрации подвижных, противоположно заряженных частиц в объеме сетки не совпадают, то такое движение (вместе с потоком жидкости) должно было бы приводить к нарушению условия электрической нейтральности среды внутри сетки. Иначе говоря, в этом случае потоки заряженных частиц противоположного знака заряда были бы не равны друг другу. Условие нейтральности соблюдается в том случае, когда внутри сетки (мембраны) развивается электрическое поле, которое препятствует движению тех ионов, которых имеется избыток. Очевидно, это же поле будет ускорять движение тех ионов, в которых имеется недостаток, т.е. возникновение такого поля обеспечивает баланс токов противоположно заряженных частиц в условиях, когда их концентрации не совпадают. Физический механизм возникновения этого поля связан с деформацией двойных электрических слоев, развивающихся на границе полиэлектролитной сетки и раство-

ра, которая имеет место при ненулевом потоке раствора через сетку, соответствующее теоретическое описание может быть развито непосредственно на основе результатов [1-3].

Применительно к схеме Рис. 1 и Рис. 2. это соответствует возникновению двух ЭДС, генерирующих встречное поле. Формально токи, развивающиеся в левой и правой частях составной мембраны, показанной на рис. 1, направлены навстречу друг другу, но это отвечает тому, что через одну часть мембраны движутся преимущественно положительно заряженные частицы, а через другую – отрицательно. Это приводит к тому, что совокупный поток заряженных частиц через мембранный элемент превышает поток тех же частиц через отвод, расположенный над мембраной, т.е. рассматриваемое устройство решает задачу по разделению исходного раствора на обогащенный и обедненный по низкомолекулярной компоненте. При этом такое разделение само по себе не требует затрат энергии, так как движение жидкости, обуславливающей разделение, происходит под воздействием гравитационного поля Земли.

Для экспериментального исследования процессов, способных обеспечить создание опреснительных методик такого типа критически важно разработать методику, позволяющую экспериментально измерять основные электрические характеристики ее элементов при протекании через них раствора. Вариант с использованием прямых электродных измерений не представляется оптимальным в силу легко прогнозируемого возникновения систематических ошибок. Наиболее перспективным является вариант с использованием зондовых переменных токов малой амплитуда, протекающих через систему или ее отдельные части.

Такого вариант является реализуемым на практике потому, что возможно указать эквивалентную радиотехническую схему (рис.3) любой из систем, подобных той, что показана на Рис. 1.



**Рисунок 3** – Эквивалентная радиотехническая схема системы, реализующей автодиализ солевого раствора, представленной на Рис. 1

Данная схема соответствует схеме баланса токов, показанной на Рис. 4 и построенной по методике [2]. Она включает в себя резисторы  $R_1$  и  $R_2$ , отвечающие отдельным участкам раствора, разделенного мембранным слоем, резисторы  $R_3$  и  $R_4$ , отвечающие собственно мембранному слою, а также ЭДС  $E_1$  и  $E_2$ , возникающие вследствие описанного выше эффекта, связанного с протеканием раствора через область, заполнен-



ную полиэлектролитной сеткой. Основной ее особенностью является наличие конденсаторов  $C_1 - C_4$ , отражающих как существование двойных электрических слоев, так и конденсаторов  $C_5$  и  $C_6$ , возникающих вследствие накопления заряда на противоположных торцах мембранных слоев.

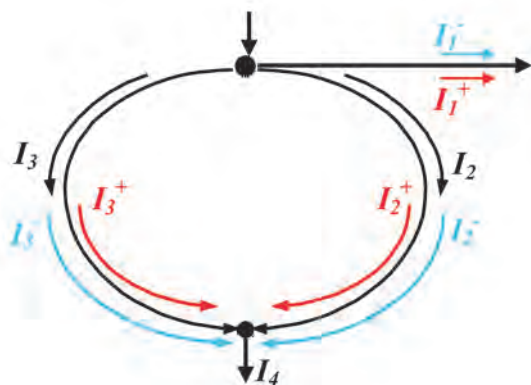


Рисунок 4 – Схема баланса электрических токов в рассматриваемой системе

С точки зрения классической радиотехники, такого рода схему можно рассматривать как «черный ящик», восстановление схемы которого и определение значений радиоэлектронных компонент, входящих в нее, подлежит определению на основании амплитудно-частотной и фазовых характеристик.

Это обстоятельство доказывает возможность использования переменных зондирующих токов малой амплитуды для доказательства адекватности теоретических подходов, положенных в основу автодиализных систем деминерализации. Действительно, в простейшем случае существует возможность экспериментально измерить сдвиг фаз между гармоническим током, протекающим через систему или ее отдельные элементы и создаваемым им падением напряжения. Наличие реактивных компонент (конденсаторов) неизбежно приведет к возникновению ненулевого сдвига фазы, зависящему от частоты. Преимуществом использования переменных зондирующих токов достаточно высокой также является тот факт, что они не вызывают коллапс геля, а также не приводят к появлению паразитных электрохимических явлений.

Таким образом, метод построения эквивалентных радиотехнических схем систем на основе полиэлектролитных гидрогелей является весьма перспективным с точки зрения изучения их свойств, особенно в плане совершенствования технологии деминерализации воды.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Budtova T. V., Suleimenov I. E., Frenkel S. A diffusion approach to description of swelling of polyelectrolyte hydrogels // Polymer science. – 1995. – Т. 37, № 1. – P. 10-16.
- 2 Mun G.A., Suleimenov I.E., Nurkeeva Z.S., Kudaibergenov S.E., Nam I.K., Kan V.A. Effect of the Structural Inhomogeneity of Polyelectrolyte Gels on Their Thermal Sensitivity // Polymer Science, Ser. A.- 1998.-V.40, N 3.-P.253-259.

3 Suleimenov I., Pereladov I., Bekturov E. Theoretical Description of Polyelectrolyte Hydrogel Collapse in Electric Field //Eurasian Chemico-Technological Journal. – 2002. – Т. 4, № 4. – P. 243-247.

4 Budtova T., Suleimenov I., Frenkel S. Electrokinetics of the contraction of a polyelectrolyte hydrogel under the influence of constant electric current //Polymer Gels and Networks. – 1995. – Т. 3, № 3. – P. 387-393.

5 Suleimenov I. E., Budtova T. V., Bekturov E. A. The kinetics of swelling of highly swelling hydrogels under the coexistence of two phases //Polymer science. Series A. – 2002. – Т. 44, № 9. – P. 1010-1015.

6 Suleimenov I.E., Mun G.A., Pak I.T., Kabdushev Sh.B., Kopishev E.E. Redistribution of the concentrations in polyelectrolyte hydrogels contacts as the basis of new desalination technologies // News of the national academy of sciences of the RK, Ser. of geology and technical sciences. – 2017. – Vol. 3, N 423. - P. 198-205.

7 Budtova T., Suleimenov I. Physical principles of using polyelectrolyte hydrogels for purifying and enrichment technologies //Journal of applied polymer science. – 1995. – Т. 57, №13. – P. 1653-1658.

**Г. А. МУН<sup>1,3</sup>, З. М. ЕГЕМБЕРДИЕВА<sup>2</sup>, Э. К. ТЕМЫРКАНОВА<sup>2</sup>, С. В. КОНЬШИН<sup>2</sup>,  
А. Ж. АЛИКУЛОВ<sup>1,3</sup>, KINAM PARK<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Әль-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>3</sup>Қазақстан Республикасының ұлттық инженерлік академиясы, Алматы қ., Қазақстан

<sup>4</sup>Purdue University, West Lafayette, USA

## ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТТИ ГИДРОГЕЛЬДЕР НЕГІЗІНДЕГІ ЭКВИВАЛЕНТТІ РАДИОТЕХНИКАЛЫҚ СХЕМА ЖҮЙЕЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ПРАКТИКАЛЫҚ ҚОЛДАНУ

Төменмолекулалы тұздың ерітіндісі полиэлектрoлит торы арқылы ағып жатқанда электр қозғаушы күштер пайда болуы мүмкін, оның белгісі тор зарядының белгісіне байланысты болады деп теориялық тұрғыдан болжам жасалынған. Бұл құбылысты жаңа тұзсыздандыру жүйелерін дамытуда қолдануға болады, бірақ оны одан әрі зерттеу үшін нақты өлшеу құралдары мен эксперименттік зерттеу әдістерін жасау қажет. Мұндай әдістерді қарастырылып отырған типтегі гидрогельдерге негізделген жүйелер реактивті компоненттерді (конденсаторларды) қамтитын балама радиотехникалық схемаларға ие болғандықтан жасауға болады. Эквивалентті тізбектегі конденсаторлардың болуы гидрогель мен ерітінді арасындағы шекарада қос электрлік қабаттардың пайда болуымен байланысты. Заряд тығыздығы жоғары торлар үшін мұндай қабаттардың амплитудасын жүйеде ион ағындарының тепе-теңдігін талдау арқылы тікелей анықтауға болады. Эквиваленттік схемаға енгізілген конденсаторлардың сыйымдылығын ток пен кернеу арасындағы фазалық ығысудың жиілікке тәуелділігін тіркеу арқылы өлшеуге болады. Бұл өз кезегінде кішігірім амплитудасының айнымалы токтарын зондтау (радиотехникалық зондтау әдісі) арқылы қарастырылып отырған типтегі жүйелерді эксперименттік зерттеудің әдістемесін жасауға мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** радиотехникалық зондтау, эквивалентті тізбектер, потенциалдар айырмасы, полиэлектрoлитті гидрогельдер, судың деминерализациясы, қос электр қабаты, индукцияланған электр қозғаушы күш.



**G. A. MUN<sup>1,3</sup>, Z. M. YEGEMBERDYEVA<sup>2</sup>, E. K. TEMYRKANOVA<sup>2</sup>, S. V. KONSHIN<sup>2</sup>,  
A. ZH. ALIKULOV<sup>1,3</sup>, KINAM PARK<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup> Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

<sup>3</sup> National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

<sup>4</sup> Purdue University, West Lafayette, USA

## **EQUIVALENT RADIO ENGINEERING SCHEMES OF SYSTEMS BASED ON POLYELECTROLYTE HYDROGELS AND THEIR PRACTICAL USE**

*It is theoretically predicted that when a solution of a low-molecular salt flows through a polyelectrolyte grid, electromotive forces can occur, the sign of which depends on the sign of the grid charge. This phenomenon can be used in the development of new desalination systems, but its further study requires the development of specific measuring instruments and experimental research methods. Such techniques can be created due to the fact that systems based on hydrogels of the type in question have equivalent radio engineering circuits, which include reactive components (capacitors). The presence of capacitors in the equivalent circuit is associated with the formation of double electrical layers at the boundary of the hydrogel and the solution. For grids with a high charge density, the amplitude of such layers can be determined directly based on the analysis of the balance of ion currents in the system. The capacitance of the capacitors included in the equivalent circuit can be measured by recording the phase shift between current and voltage as a function of frequency. This, in turn, allows us to develop a methodology for experimental research of systems of the type under consideration using probing alternating currents of small amplitude (the method of radio-technical sounding).*

**Key words:** radio engineering sensing, equivalent circuits, potential difference, polyelectrolyte hydrogels, water demineralization, double electric layer, induced electromotive force.

---

---

# ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 517.9 МС

<https://doi.org/10.47533/2020.1606-146X.82>

**Е. Н. БАЯНДИЕВ\***

*Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан,  
Казахстан. e-mail: erikn87@mail.ru*

## ОБ ОПЕРАТОРЕ ШТУРМА-ЛИУВИЛЛЯ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ПАРАМЕТРОМ В ПРОСТРАНСТВЕ $L_2(R)$

*В работе изучен вопрос о существовании резольвенты, а также после замыкания в пространстве  $L_2(R)$  исследуется гладкость функций из области определения оператора неограниченного типа в неограниченной области с сильно растущими в бесконечности коэффициентами.*

*Ключевые слова:* оператор Штурма-Лиувилля, замыкание оператора, обратный оператор, резольвента.

**1. Введение. Формулировка результата.** В работе в пространстве  $L_2(R)$  изучается оператор Штурма-Лиувилля с отрицательным параметром

$$(l_t + \lambda I)u = -u''(y) + (-t^2 + itb(y) + q(y) + \lambda)u \quad (1.1)$$

первоначально определенный на множестве  $C_0^\infty(R)$ , где  $-\infty < t < \infty$ ,  $\lambda \geq 0$ ,  $R = (-\infty, \infty)$ ,  $C_0^\infty(R)$  - множество сколь угодно раз дифференцируемых функций.

В дальнейшем предположим, что коэффициенты  $b(y)$ ,  $q(y)$  удовлетворяют условию:

i)  $|b(y)| \geq \delta_0 > 0$ ,  $q(y) \geq \delta > 0$  непрерывные функции в  $R$ .

Оператор  $l_t + \lambda I$  допускает замыкание в пространстве  $L_2(R)$ , который обозначим также через  $L_2(R^2)$ .

Оператор  $l_t$ , нетрудно убедиться, естественным образом возникает при изучении сингулярных дифференциальных операторов гиперболического типа в пространстве  $L_2(R^2)$ .

Как известно при  $t = 0$  существование и компактность резольвенты изучены в работах Молчанова А.М. [1], Титчмарша Э.Ч. [2], Като Т. [3], Костюченко А.Г. [4], Мазы В.Г. [5], Отелбаева М. [6-7], Гасымова М.Г. [8], Бойматова К.Х. [9-10] и др.

---

\* Адрес для переписки. E-mail: erikn87@mail.ru

Далее, при  $|t| \rightarrow \infty$  получим, что  $-t^2 \rightarrow -\infty$ .

Следовательно, для оператора (1.1) возникает совершенно иная ситуация по сравнению с оператором  $l_0$ .

Как известно, методы отработанные для оператора  $l_0$  оказываются малоприспособленными для оператора  $l_t$  при  $t \neq 0$ .

Отсюда следует, что для оператора Штурма-Лиувилля с отрицательным параметром, естественно исследовать вопрос о существовании резольвенты при всех  $t \in (-\infty, \infty)$ .

**Теорема 1.1.** Пусть выполнено условие *i*). Тогда при  $\lambda \geq 0$  существует непрерывный обратный оператор  $(l_t + \lambda I)^{-1}$ , определенный в  $L_2(R)$ .

## 2. Подготовительные леммы и оценки.

Рассмотрим оператор

$$(l_t + \lambda I)u = -u''(y) + (-t^2 + itb(y) + q(y) + \lambda)u$$

первоначально определенный на множестве  $C_0^\infty(R)$ .

Нетрудно проверить, что оператор  $l_t + \lambda I$  допускает замыкание в пространстве  $L_2(R)$ , которое обозначим также через  $l_t + \lambda I$ .

**Лемма 2.1.** Пусть выполнено условие *i*). Тогда при  $\lambda \geq 0$  для всех  $u \in D(l_t)$  справедлива оценка:

$$A(\delta) \cdot \|(l_t + \lambda I)u\|_2 \geq (\delta + \lambda)^{1/2} \|u\|_2, \tag{2.1}$$

где  $\|\cdot\|_2$  – норма в пространстве  $L_2(R)$ ,  $A(\delta) > 0$ .

**Доказательство.** Лемма 2.1 доказывается преобразованием функционалов  $\langle (l_t + \lambda I)u, u \rangle$ ,  $\langle (l_t + \lambda I)u, -itu \rangle$  и с помощью выкладок, которые использованы при доказательстве леммы 2.1 работы [13].

Возьмем набор  $\{\varphi_j\}$  - неотрицательных функций из  $C_0^\infty(R)$  таких, что

$$\sum_j \varphi_j^2 \equiv 1, \sup p \varphi_j \subset \Delta_j, \bigcup_{\{j\}} \Delta_j = R,$$

где  $\Delta_j = (j-1, j+1)$ ,  $j \in Z$ .

Продолжим  $b(y)$ ,  $q(y)$  из  $\Delta_j$  на все  $R$  так, чтобы их продолжения  $b_j(y)$  и  $q_j(y)$  были ограниченными и периодическими функциями одного и того же периода.

Обозначим через  $l_{t,j,\alpha} + \lambda I$  замыкание оператора

$$(l_{t,j,\alpha} + \lambda I)u = -u''(y) + (-t^2 + it(b_j(y) + \alpha) + q_j(y) + \lambda) \cdot u \tag{2.2}$$

определенного на  $C_0^\infty(R)$ , где знак вещественного числа  $\alpha$  совпадает со знаком функции  $b(y)$ , т.е.  $\alpha \cdot b(y) > 0$  при  $y \in R$ .

**Лемма 2.2.** Пусть выполнено условие  $i$ ). Тогда при  $\lambda \geq 0$  для всех  $u \in D(l_{t,j,\alpha})$  справедлива оценка в пространстве  $L_2(R)$ :

$$A(\delta) \cdot \|(l_{t,j,\alpha} + \lambda I)u\|_2 \geq (\delta + \lambda)^{1/2} \|u\|_2,$$

где  $A(\delta) > 0$ .

**Доказательство.** Лемма 2.2 доказывается точно так же, как лемма 2.1.

**Лемма 2.3.** Пусть выполнено условие  $i$ ). Тогда справедлива оценка

$$\|(l_{t,j,\alpha} + \lambda I)u\|_2^2 \geq |t|^2 (\delta_0 + |\alpha|) \|u\|_2^2. \quad (2.3)$$

**Доказательство.** Лемма 2.3 доказывается точно так же, как лемма 1 работы [11], [13].

**Лемма 2.4.** Оператор  $l_{t,j,\alpha} + \lambda I$  при  $\lambda \geq 0$  имеет непрерывный обратный оператор  $(l_{t,j,\alpha} + \lambda I)^{-1}$ , определенный на всем  $L_2(R)$ .

**Доказательство.** Из леммы 2.2 следует, чтобы доказать лемму 2.4, надо показать, что область значений  $R(l_{t,j,\alpha} + \lambda I)$  оператора  $l_{t,j,\alpha} + \lambda I$  совпадает с  $L_2(R)$ . А также из оценки (2.3) следует, что  $\|(l_{t,j,\alpha} + \lambda I)^{-1}\|_2 \rightarrow 0$  при  $t \rightarrow \infty$ .

Далее, повторяя выкладки и рассуждения, которые использованы в работах [12], [13] получаем доказательство леммы 2.4.

**Лемма 2.5.** Пусть выполнено условие  $i$ ) и  $\lambda \geq 0$ . Тогда справедливы следующие неравенства:

$$a) \|(l_{t,j,\alpha} + \lambda I)^{-1}\|_{2 \rightarrow 2} \leq \frac{c}{(\delta + \lambda)^{1/2}}, \quad c = c(\delta) > 0;$$

$$b) \left\| \frac{d}{dy} (l_{t,j,\alpha} + \lambda I)^{-1} \right\|_{2 \rightarrow 2} \leq \frac{c}{(\delta + \lambda)^{1/4}}, \quad c > 0.$$

**Доказательство.** Пользуясь выкладками и рассуждениями, которые использованы при доказательстве леммы 2.3 работы [13] и леммы 1 работы [11], получаем доказательство леммы 2.5.

**Лемма 2.6.** Пусть выполнено условие  $i$ ) и  $\lambda \geq 0$ . Тогда для всех  $u \in D(l_{t,\alpha} + \lambda I)$  имеют места неравенства:

$$\|(l_{0,\alpha} + \lambda I)u\|_2 \geq (\delta + \lambda) \cdot \|u\|_2, \quad (2.4)$$

$$\|(l_{t,\alpha} + \lambda I)u\|_2 \geq |t|(\delta_0 + |\alpha|) \cdot \|u\|_2, \quad t \neq 0. \quad (2.5)$$

**Доказательство.** Неравенства (2.4) и (2.5) доказываются с помощью функционалов  $\langle (l_{0,\alpha} + \lambda I)u, u \rangle$ ,  $\langle (l_{t,\alpha} + \lambda I)u, u \rangle$ ,  $u \in C_0^\infty(R)$ .

Положим

$$K_{\lambda,\alpha}f = \sum_{\{j\}} \varphi_j (l_{j,\alpha} + \lambda I)^{-1} \varphi_j f, \quad (2.6)$$

где  $f \in L_2(R)$ ,  $\{\varphi_j\}$  - набор функций из  $C_0^\infty(R)$  таких, что

$$\sum_j \varphi_j^2 \equiv 1, \sup p \varphi_j \subset \Delta_j, \bigcup_{\{j\}} \Delta_j = R, \Delta_j = (j-1, j+1), j \in Z, l_{j,\alpha} + \lambda I - \text{оператор}$$

из леммы 2.2.

Нетрудно убедиться, что

$$(l_{j,\alpha} + \lambda I)K_{\lambda,\alpha}f = f - B_{\lambda,\alpha}f, \quad (2.7)$$

где

$$B_{\lambda,\alpha}f = \sum_{\{j\}} \varphi_j'' (l_{j,\alpha} + \lambda I)^{-1} f + 2 \sum_{\{j\}} \varphi_j' \frac{d}{dy} (l_{j,\alpha} + \lambda I)^{-1} \varphi_j f.$$

**Лемма 2.7.** Пусть выполнено условие *i*). Тогда найдется число  $\lambda_0 > 0$  такое, что

$$\|B_{\lambda,\alpha}\|_{2 \rightarrow 2} < 1 \quad \text{при всех } \lambda \geq \lambda_0.$$

**Доказательство.** Пусть  $f \in C_0^\infty(R)$ . Далее, учитывая, что на промежутке  $\Delta_j$  ( $j \in Z$ ) отличны от нуля только функции  $\varphi_{j-1}, \varphi_j, \varphi_{j+1}$  имеем:

$$\begin{aligned} \|B_{\lambda,\alpha}f\|_2^2 &= \int_{-\infty}^{\infty} \left( \sum_{j=-\infty}^{\infty} \varphi_j'' (l_{j,\alpha} + \lambda I)^{-1} \varphi_j f + 2 \sum_{j=-\infty}^{\infty} \varphi_j' \frac{d}{dy} (l_{j,\alpha} + \lambda I)^{-1} \varphi_j f \right)^2 dy \leq \\ &\leq \sum_{j=-\infty}^{\infty} \int_{\Delta_j} \left| \sum_{k=j-1}^{j+1} \left( \varphi_k'' (l_{k,\alpha} + \lambda I)^{-1} \varphi_k f + 2 \varphi_k' \frac{d}{dy} (l_{k,\alpha} + \lambda I)^{-1} \varphi_k f \right) \right|^2 dy. \end{aligned}$$

Отсюда, пользуясь очевидным неравенством  $(a + b + c)^2 \leq 3(a^2 + b^2 + c^2)$  и оценками а), б) леммы 2.5 получаем, что

$$\|B_{\lambda,\alpha}f\|_2^2 \leq c_0 \cdot \left[ \frac{c}{(\delta + \lambda)} + \frac{c}{(\delta + \lambda)^{1/2}} \right] \cdot \|f\|_2^2,$$

где  $c_0 = \max\{|\varphi_j'|, |\varphi_j''|\}$ , а постоянное  $c$  – из леммы 2.4.

Отсюда следует, нетрудно найти такое число  $\lambda_0 > 0$ , что при  $\lambda \geq \lambda_0$   $\|B_{\lambda,\alpha}\|_{2 \rightarrow 2} < 1$ . Лемма 2.7 доказана.

**Лемма 2.8.** Пусть выполнено условие *i*). Тогда оператор  $l_{j,\alpha} + \lambda I$  при  $\lambda \geq \lambda_0 > 0$  ограниченно обратим, причем для обратного оператора  $(l_{j,\alpha} + \lambda I)^{-1}$  выполняется равенство

$$(l_{t,\alpha} + \lambda I)^{-1} = K_{\lambda,\alpha} (E - B_{\lambda,\alpha} f)^{-1} \quad (2.8)$$

**Доказательство.** Доказательство леммы следует из представления (2.7) с учетом лемм 2.6 и 2.7.

Рассмотрим вопрос об обратимости исходного оператора  $l_t + \lambda I$ . Для этого рассмотрим следующее уравнение:

$$(l_t + \lambda I)u = -u'' + (-t^2 + itb(y) + q(y) + \lambda)u = f(x) \quad (2.9)$$

где,  $f(x) \in L_2(R)$ .

**Определение.** Решением уравнения (2.9) назовем функцию  $u \in L_2(R)$ , для которой существует последовательность  $\{u_n\}_{n=1}^{\infty} \subset C_0^{\infty}(R)$  такая, что

$$\|u_n - u\|_2 \rightarrow 0, \quad \|(l_t + \lambda I)u_n - f\|_2 \rightarrow 0 \quad \text{при } n \rightarrow \infty.$$

Отсюда видно, что обратный оператор  $(l_t + \lambda I)^{-1}$  совпадает с замыканием в  $L_2(R)$  оператора  $l_t + \lambda I$ , определенного на  $C_0^{\infty}(R)$ .

**Лемма 2.9.** Пусть выполнено условие *i*). Тогда оператор  $l_t + \lambda I$  при  $\lambda \geq \lambda_0 > 0$  ограниченно обратим, причем для обратного оператора  $(l_t + \lambda I)^{-1}$  выполняется равенство

$$(l_t + \lambda I)^{-1} f = (l_{t,\alpha} + \lambda I)^{-1} (I - A_{\lambda,\alpha})^{-1} f, \quad (2.10)$$

где,  $f \in L_2(R)$ ,  $\|A_{\lambda,\alpha}\|_{2 \rightarrow 2} < 1$ .

**Доказательство.** Лемма 2.9 доказывается точно так же, как лемма 3.4 работы [13].

**Лемма 2.10.** Пусть выполнено условие *i*). и пусть  $\lambda \geq 0$ . Тогда для всех  $u \in D(l_t)$  справедливы оценки:

$$\|(l_0 + \lambda I)u\|_2 \geq \delta \|u\|_2,$$

$$\|(l_t + \lambda I)u\|_2 \geq |t| \cdot \delta_0 \cdot \|u\|_2, \quad t \neq 0.$$

**Доказательство.** Лемма 2.10 доказывается точно так же, как лемма 2.6. Следующая лемма известна [15]:

**Лемма 2.11.** Пусть оператор  $l_t + \lambda_0 I$  ( $\lambda_0 > 0$ ) ограниченно обратим в  $L_2(R)$  и при  $\lambda \in [0, \lambda_0]$  для всех  $u \in D(l_t + \lambda I)$  выполнена оценка

$$\|(l_t + \lambda I)u\|_2 \geq c \cdot \|u\|_2,$$

$c > 0$  - постоянное число.

Тогда оператор  $l_t : L_2(R) \rightarrow L_2(R)$  также ограниченно обратим.

Из лемм 2.9-2.11 легко выводится доказательство теоремы 1.1.

### ЛИТЕРАТУРА

1 Молчанова А.М. Об условиях дискретности спектра самосопряженных дифференциальных уравнений второго порядка. // Труды Московского математического общества. – 1953. – Т.2. – С. 169-200. [Molchanova A.M. Ob usloviyakh diskretnosti spektra samosopryazhennykh differentsial'nykh uravneniy vtorogo poriyadka. // Trudy Moskovskogo matematicheskogo obshchestva. – 1953. – Т.2. – с. 169-200.]

2 Титчмарш Э.Ч. Теория функций. М.: Наука, 1980. [Titchmarsh E.CH. Teoriya funktsiy. M.: Nauka, 1980.]

3 Като Т. Теория возмущений линейных операторов Москва, Мир, 1972. 740с. [Kato T. Teoriya vozmushcheniy lineynykh operatorov Moskva, Mir, 1972. s.740 ]

4 Костюченко А.Г. Распределение собственных значений для сингулярных дифференциальных операторов // Доклады АН СССР. – 1966. – Т.168. №1. – С.21-24. [Kostyuchenko A.G. Raspredeleniye sobstvennykh znacheniy dlya singulyarnykh differentsial'nykh operatorov // Doklady AN SSSR. – 1966. – Т.168. №1. s.21-24.]

5 Мазья В.Г. Пространства С.Л. Соболева. Л.: Издательство Ленинградского университета. 1985. [Maz'ya V.G. Prostranstva S.L. Soboleva. L.: Izdatel'stvo Leningradskogo universiteta. 1985.]

6 Отелбаев М. О разделимости эллиптических операторов. // Доклады АН СССР, 1977, Т. 234, №3. – С.540-543. [Otelbayev M. O razdelimosti ellipticheskikh operatorov. // Doklady AN SSSR, 1977, T. 234, №3. – s.540-543.]

7 Otelbaev M. Coercive estimates and separability theorems for elliptic equations in  $R^n$ . (Russian) (studies in the theory of differentiable functions of several variables and its applications. IX. Trudi Mat. Inst. Steklov. 161 (1983) p. 195-217).

8 Гасымов М. Г. Спектральный анализ одного класса несопряженных дифференциальных операторов в частных производных с периодическими коэффициентами. Докл. АН СССР. 288:3 (1986). с. 528–530. [Gasymov M. G. Spektral'nyy analiz odnogo klassa nesopryazhennykh differentsial'nykh operatorov v chastnykh proizvodnykh s periodicheskimi koeffitsiyentami. Dokl. AN SSSR. 288:3 (1986). с. 528–530.]

9 Бойматов К.Х. Теоремы разделимости, весовые пространства и их приложения // Труды МИАН СССР. –Т. 170. с. 37-76. [Boymatov K.KH. Teoremy razdelimosti, vesovyye prostranstva i ikh prilozheniya // Trudy MIAN SSSR. –Т. 170. s. 37-76.]

10 Бойматов К.Х. Коэрцитивные оценки и разделимость для эллиптических дифференциальных уравнений второго порядка // Доклады АН СССР.-1988.-Т.301, №5. с.1033-1036. [Boymatov K.KH. Koertsitivnyye otsenki i razdelimost' dlya elipticheskikh differentsial'nykh uravneniy vtorogo poriyadka // Doklady AN SSSR.-1988.-Т.301, №5. s.1033-1036.]

11 Muratbekov M.B., Bayandyiev Ye.N. Existence and maximal regularity of solutions in  $L_2(R^2)$  for a hyperbolic type differential equation with quickly growing coefficients. //EURASIAN MATHEMATICAL JOURNAL. ISSN 2077-9879. Volume 11. Number 1 (2020). 95 – 100.

12 Muratbekov M., Otelbaev M. On the existence of a resolvent and separability for a class of singular hyperbolic type differential operators on an unbounded domain //EURASIAN MATHEMATICAL JOURNAL. volume 7, Number 1(2016). p.p.50-67.

13 Muratbekov M.B., Muratbekov M.M. Sturm-Liouville operator with a parameter and its usage to spectrum research of some differential operators //complex variables and elliptic equations, 2019, vol.64, №9, p.p.1457-1476.

14 Рид М. Саймон Б. Методы современной математической физики. Том 2. Гармонический анализ. Самосопряженность. Из-во «Мир», Москва, 1978. [Rid M. Saymon B. Metody sovremennoy matematicheskoy fiziki. Tom2. Garmonicheskiy analiz. Samosopryazhennost'. Iz-vo «Mir», Moskva, 1978]

15 Akhieser N.I., Glasman I.M. Theory of Linear operators in Hilbert space. Moscow: Nauka, 1966. Russian (Originally Published: New York (№4): F.Unqar Pub. CO.,1961-1963).

16 Muratbekov M.B., Muratbekov M.M. Estimates of the spectrum for a class of mixed type operators //Differential Equations, 2007, vol.43, №1, p.p.143-146.

## **Е. Н. БАЯНДИЕВ**

*Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,  
Нұр-Сұлтан, Қазақстан*

### **$L_2(\mathbb{R})$ КЕҢІСТІГІНДЕ ТЕРІС ПАРАМЕТРЛІ ШТУРМ-ЛИУВИЛЛЬ ОПЕРАТОРЫ ТУРАЛЫ**

*Бұл жұмыста резольвентаның бар екендігі туралы мәселе қарастыылған, сонымен қатар  $L_2(\mathbb{R})$  кеңістігінде операторды тұйықтағаннан кейін, коэффициенттері шексіздікке ұмтылғанда жылдам өсетін шенелмеген облыста анықталған функциялардың тегістігі зерттелген.*

***Түйін сөздер:** Штурм-Лиувилль операторы, оператордың тұйықталуы, кері оператор, резольвента.*

## **YE. N. BAYANDIYEV**

*L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan*

### **ABOUT THE STORM-LIOUVILLE OPERATOR WITH NEGATIVE PARAMETER IN SPACE $L_2(\mathbb{R})$**

*In this paper, the question of the existence of a resolvent is studied, and also, after closure in space, the smoothness of functions from the domain of an operator of unbounded type in an unbounded domain with coefficients strongly increasing at infinity is investigated.*

***Key words:** Sturm-Liouville operator, operator closure, inverse operator, resolvent.*



**N. G. BORISSOVA, M. D. SHAVDINOVA\***

*Non-Profit JSC “Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeev”, Almaty, Kazakhstan  
e-mail: shavdinova@dku.kz*

## MATHEMATICAL MODEL OF A STEAM TURBINE CONDENSER

*The paper analyses the existing calculation methods for steam turbine condenser. The refined methods for calculating the condenser have also been considered. The dependency of the vapor pressure in the condenser on the temperature of the cooling water and the steam flow rate into the condenser have been considered. It can be seen from the obtained dependencies that the calculation of the condenser according to the ARTI and HEI (USA) methods coincides with the passport data. It is recommended to use the ARTI and HEI (USA) techniques for equipment diagnostics, and to use the KTP and USTU-UPI techniques when studying ways to increase the efficiency of the condenser. The mathematical model of the KG2-6200 condenser has been tested at the Almaty CHPP-2.*

**Keywords:** condenser; diagnostic model, mathematical model, calculation methods, efficiency.

**Introduction.** The thermal design calculations of a condenser can be carried out using several methods. So, it is necessary to choose the most suitable calculation method. According to the chosen calculation method, it is possible to develop a mathematical model of the condenser and carry out computational experiments.

**The scientific novelty** of the work is as follows:

1. The analysis of existing methods and refined methods for calculating steam turbine condensers has been carried out.
2. A mathematical model of a steam turbine condenser has been developed and the dependences of the steam pressure in the condenser on the temperature of the cooling water and the steam flow into the condenser are shown.
3. Recommendations for the use of calculation methods have been developed.

**Materials and methods.** There are various methods for calculating the steam turbine condenser. In this work, we will consider the following methods: All-Russian Technological Institute (ARTI), Kaluga Turbine Plant (KTP), Ukhta State Technical University (USTU-UPI), USA Heat Exchange Institute (HEI (USA)).

Each method has its advantages and disadvantages. The methods of ARTI, HEI (USA) can give an estimate of the average heat transfer coefficient based on the integral operating and design characteristics of the equipment [1, p. 26]. The methods of KTP, USTU-UPI make it possible to calculate the condenser taking into account the separate effect of air and contamination suction on the steam pressure in the condenser [1, p. 27], but when changing one of the process parameters, it is necessary to clarify the values of the thermophysical properties of water and condensate film depending on temperature.

In addition, many scientific researchers have developed refined calculation methods.

---

\* Адрес для переписки. E-mail: shavdinova@dku.kz

A. G. Shempelev and P. V. Iglin developed a method for calculating the degree of supercooling of condensate at its bottom at various air inflows in the vacuum system of a turbine unit. It was found that a 4-fold increase in the air flow into the vacuum system leads to an increase in condensate supercooling from 3.5 to 11 °C. Thus, an increase in condensate supercooling leads to additional heat losses of up to 1100 kW in the turbine unit per cycle in the power generation mode and up to 500 kW per cycle in the heat generation mode [2, p. 1].

P. V. Iglin developed a refined method for calculating the condenser, with the help of which it is possible to obtain its characteristics during condensation of pure steam and during condensation of steam from a steam-air mixture in any operating mode of a turbine unit with variable air suction [3], [4].

B. E. Murmanskii, K. E. Aronson, Yu. M. Brodov developed a calculation method that allows predicting the residual life and assessing the condition of the steam turbine condensers. On the basis of this method, two models have been developed. The first model can be used when information is available on the operating time of the condenser before the failure of the tubes, as well as a priori information, based on the analysis of the metal of the condenser tubes, that the condenser is in normal operating condition. In cases where there is no accurate information on the operating time of the condenser tubes at the CHPP, the second model, based on censored samples, is proposed to assess the condition of the condenser. [5, p. 785].

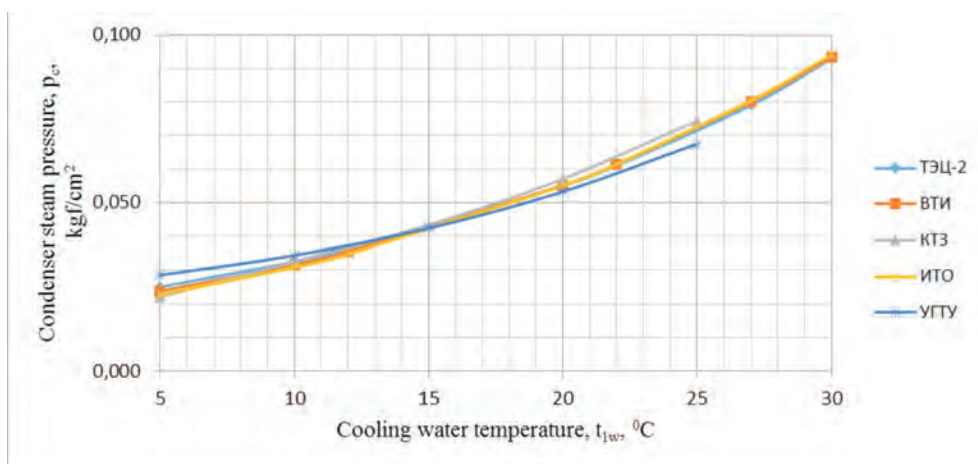
The authors of [6] have developed a methodology for assessing heat fluxes entering the condenser when the turbine is operating in the heat generation mode. It has been shown that for the efficient operation of the built-in bundle as part of the condensation system, all heat fluxes entering in addition to the wheel space should be directed to the regenerative heating zone under the built-in condenser bundles through special water distribution devices, and the inlet zone itself must be separated from the condenser chamber by casings [6, p. 30].

K. E. Aronson, S. I. Khayet developed a method for accounting for the separate effect of contamination and air leakage on the value of steam pressure in the condenser. The method is based on the combined characteristic of the condenser and the ejector, consisting of two sections [7, p. 200]. The same method is described in [8], [9], [10].

**Results.** When developing a mathematical model, it is necessary to choose a calculation method. For this, thermal design calculation for a condenser was made using the methods of ARTI, KTP, USTU-UPI, HEI (USA). The initial data for the compilation of the mathematical model were taken from the passport data for the KG2-6200 condenser of the Almaty CHPP-2. The mathematical model has been tested at the Almaty CHPP-2. The testing results are presented in [11].

Various dependencies were built using a mathematical model of the condenser.

Figure 1 shows the dependency of the vapor pressure in the condenser on the temperature of the cooling water at the inlet. The graph shows the data obtained in the calculations according to the methods of ARTI, KTP, USTU, HEI and the passport characteristic of the condenser. The dependency graph is built at a steam flow  $D_s = 325$  t/h, fouling factor  $\alpha = 1$ , cooling water flow  $G_w = 16000$  m<sup>3</sup>/h.



**Figure 1** – Dependency of the vapor pressure in the condenser on the temperature of the cooling water

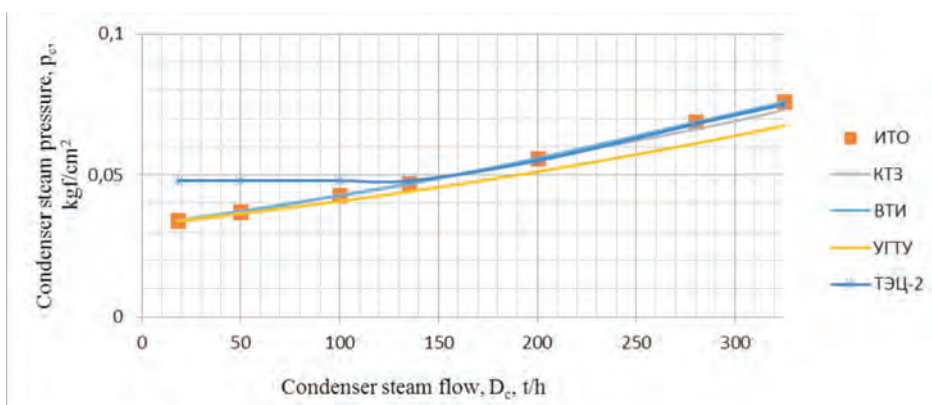
From Figure 1 it follows that the calculation of the condenser according to the ARTI and HEI methods is as close as possible to the passport characteristics.

Figure 2 shows the dependency of the steam pressure on the steam flow into the condenser. It also shows the data obtained in the calculations according to the methods of ARTI, KTP, USTU, HEI and the passport characteristic. The dependency graph is built at the consumption of cooling water  $G_w = 16000 \text{ m}^3/\text{h}$ , the cooling water temperature at the inlet  $t_{lw} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ , fouling factor  $\alpha = 1$ .

It can be seen from the figure that at a steam flow  $D_c$  from 150 to 325 t/h, the calculation by the ARTI and HEI methods is as close as possible to the passport characteristics.

The results from the calculation by the methods of KTP and USTU differ slightly from the passport data, since the calculations require constant refinement of the thermophysical properties of water and steam.

It is recommended to use the ARTI and HEI calculation methods for equipment diagnostics, and the KTP and USTU methods for the study of intensification methods.



**Figure 2** – Dependency of the steam pressure in the condenser on the steam flow into the condenser

Using a mathematical model developed using the KTP method, heat transfer was intensified using annular grooves [11].

**Discussion.** At the moment, in the Republic of Kazakhstan, there are no diagnostic models of the condenser and, accordingly, they are not used. Therefore, the primary task was to develop a mathematical model of the condenser. When developing a mathematical model, the experience of other authors, the features of the operation of equipment, the ability to collect information and conduct experiments were taken into account.

The feature of this work in comparison with other works is that the mathematical model of the condenser is included in the software product “KTI”, where there are applications with the values of the thermophysical properties of water and steam depending on the temperature [12] – [14].

In addition, using this mathematical model of the condenser, it is possible to carry out various studies on the intensification of heat transfer, diagnostics of the condition of the equipment.

**Conclusion.** Methods for calculating the condenser by ARTI, HEI (USA), KTP, USTU-UI, as well as refined methods obtained by researchers have been considered. To develop a mathematical model, it is necessary to choose a calculation method. For this, thermal design calculation for a condenser was made using these methods. The mathematical model has been tested at the Almaty CHPP-2.

The dependency of the vapor pressure in the condenser on the temperature of the cooling water and the steam flow rate into the condenser have been presented. From the dependencies shown it follows that the calculation of the condenser according to the ARTI and HEI methods is as close as possible to the passport characteristics.

The results from the calculation by the methods of KTP and USTU differ slightly from the passport data, since the calculations require constant refinement of the thermophysical properties of water and steam.

It is recommended to use the ARTI and HEI calculation methods for equipment diagnostics, and the KTP and USTU methods for the study of intensification methods.

The mathematical model of the condenser can be used when conducting an energy audit of a plant, in production, in the process of training heat power specialists when performing virtual laboratory work.

## REFERENCES

1 Khayet S. I. Development and implementation of elements of a diagnostic module for monitoring the condition of a steam turbine condensing unit. Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences. – Yekaterinburg, 2004. – 147 p.

2 Alexander Shempelev and Pavel Iglin. The influence of supercooling of the main condensate at the outlet of the condenser on the operation of a cogeneration steam turbine plant // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 643 (2019) 012131, 1-6 pp. doi:10.1088/1757-899X/643/1/012131

3 Iglin P. V. Improvement of the system of operational monitoring of the condenser of a steam turbine plant based on the refinement of the method for calculating the condensate oxygen content. Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences. – Kirov, 2016. – 172 p.

4 A. G. Shempelev, Pavel Iglin. Development of methods for calculating the aggressive gas content in condensate at the output from a steam turbine condenser // 2016 2nd International

Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), pp. 1-5 doi:10.1109/ICIEAM.2016.7911010

5 B. E. Murmanskii, K. E. Aronson, and Yu. M. Brodov. Estimation of the Residual Life of Steam Turbine Condensers Based on Statistical Models // ISSN 00406015, Thermal Engineering, 2015, Vol. 62, No. 11, pp. 785–789.

6 A. G. Shempelev, D. M. Suvorov, V. F. Gutorov & P. V. Iglin. Make-up Water Heating Capability, Conditions, and Efficiency in Built in Bundles when Cooling Water Is Concurrently Piped through the Main Condenser Bundles // Thermal Engineering, 2019, p p. 30-36 doi: 10.1134/S0040601519020071

7 K. E. Aronson. Development and implementation of a system for monitoring the state of heat exchangers of steam turbine plants as part of information complexes of TPPs. Dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences / Ural State Technical University. – Yekaterinburg, 2008. – 416 p.

8 Ilia B. Murmanskii, Konstantin E. Aronson, Vitaly L. Blinov, Nikolay V. Zhelonkin and Boris E. Murmanskii. Digital diagnostic complex for power turbine units equipment // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 643 (2019) 012109, pp. 1-8 doi:10.1088/1757-899X/643/1/012109

9 Ilia Murmanskii1, Konstantin Aronson, Boris Murmanskii, Andrei Sosnovskii, Vladimir Novosyolov and Yuri Brodov. Features of steam turbines diagnostics // E3S Web Conf. Volume 178, 2020. High Speed Turbomachines and Electrical Drives Conference 2020 (HSTED-2020), p p. 1-6 doi: 10.1051/e3sconf/202017801059

10 K. E. Aronson, Yu. M. Brodov, and V. B. Novoselov. Development of a System for Monitoring Technical State of the Equipment of a Cogeneration Steam Turbine Unit. ISSN 00406015 // Thermal Engineering, 2012, Vol. 59, No. 12, pp. 944–947.

11 M. Shavdinova, K. Aronson, N. Borissova. Development of condenser mathematical model for research and development of ways to improve its efficiency // Journal of Applied Engineering Science. Volume 18 article 730 pp.: 578 – 585 DOI: 10.5937/jaes0-27517

12 Shavdinova M. D. Development of a mathematical model of a condenser and ways to improve its efficiency. Collection of materials of the IV International Scientific and Practical Conference “GLOBAL SCIENCE AND INNOVATIONS 2019: CENTRAL ASIA». Astana, 2019, p. 98-100.

13 Shavdinova M. D., Borissova N. G. Use of a software product for the study of convective heat transfer during virtual laboratory work. Collection of scientific papers based on the materials of the International Scientific and Practical Conference “Development of Science, National Innovation System and Technologies”. Belgorod, 2020, p. 60-64.

14 Shavdinova M., Borissova N. Convective heat change, heat exchangers, intensification software program for the thermal power station condenser calculation. Abstracts of the 1st International Scientific and Practical Internet Conference “Ways of science development in modern crisis conditions”. Dnipro, 2020, pp. 526-528.

## ***Н. Г. БОРИСОВА, М. Д. ШАВДИНОВА***

*«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті»*

*КЕАҚ, Алматы қ., Қазақстан*

*e-mail: shavdinova@dku.kz*

## ***БУ ТУРБИНАСЫ КОНДЕНСАТОРЫНЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ ҮЛГІСІ***

*Жұмыста бу турбинасы конденсаторын есептеудің қолданыстағы әдістемелеріне талдау жүргізілген. Сонымен қатар конденсатор есептеудің нақтыланған әдістемелері қарастырыл-*

ған. Салқындататын су температурасынан және конденсатордағы бу шығынынан конденсатордағы бу қысымының байланысы қарастырылған. Алынған байланыстардан БРТИ және ЖАИ (АҚШ) әдістемелері бойынша конденсатордың есептеуі паспорт деректерімен үйлесетіні көрінеді. Жабдықты диагностикалау үшін БРТИ және ЖАИ (АҚШ) әдістемелерін, конденсатордың тиімділігін арттыру тәсілдерін зерттеу кезінде КТЗ және УМТУ-УПИ әдістемелерін пайдалану ұсынылады. КГ2-6200 конденсаторының математикалық үлгісі АлЭС 2-ЖЭО сынап байқалған.

**Түйін сөздер:** конденсатор, диагностикалық үлгі, математикалық үлгі, есептеу әдістемелері, тиімділік.

**Н. Г. БОРИСОВА, М. Д. ШАВДИНОВА**

НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева»,  
г. Алматы, Казахстан  
e-mail: shavdinova@dku.kz

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОНДЕНСАТОРА ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ

В работе представлен анализ существующих методик расчета конденсатора паровой турбины. Также рассмотрены уточненные методики расчета конденсатора. Рассмотрены зависимости давления пара в конденсаторе от температуры охлаждающей воды и расхода пара в конденсатор. Из полученных зависимостей видно, что расчет конденсатора по методикам ВТИ и ИТО (США) совпадают с паспортными данными. Для диагностики оборудования рекомендовано использовать методики ВТИ и ИТО (США), а при исследовании способов повышения эффективности конденсатора использовать методики КТЗ и УГТУ-УПИ. Математическая модель конденсатора КГ2-6200 апробирована на АлЭС ТЭЦ-2.

**Ключевые слова:** конденсатор, диагностическая модель, математическая модель, методики расчета, эффективность.



**Л. Х. ЖУНУСОВА\***

*Казахский национальный педагогический университет им.Абая, г. Алматы, Казахстан  
e-mail:khafizovna\_66@mail.ru*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ БИЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ С ПАРАМЕТРОМ**

*Ряд проблем биологии, экологии и химии может быть сведен к рассмотрению  $n$ -мерных нелинейных, в частности билинейных систем дифференциальных уравнений, содержащий параметр. Для таких систем представляет интерес нахождение решения от влияния параметра. Сложные вычислительные процессы, возникающие при моделировании вышеуказанных систем, дают возможность оставаться исследованиям по данной тематике всегда актуальными. В данной работе рассмотрена билинейная система дифференциальных уравнений. Приведен численный расчет решения данной системы.*

**Ключевые слова:** билинейная система, дифференциальные уравнения, ферментативная реакция, динамика системы, параметр системы, аппроксимация.

Моделирование – единственный из ключевых способов познания – считается конфигурацией отображения реальности и заключается в выяснения тех или иных свойств реальных объектов, предметов и явлений с помощью других объектов, процессов, явлений либо в виде изображений, совокупности уравнений, алгоритмов, а также программ. Математическая модель - это приближенное представление какого-либо класса явлений реального мира, выраженное с помощью системы математических формул и соотношений, приближенно в абстрактной форме описывающих исследуемую процедуру.

В современном мире информация принимается как основной источник развития исследуемого процесса. Из этого следует, что построенная модель должна содержать определенную информацию об исследуемом процессе.

Модель предметной области определяется целью исследования, некоторым образом сужающей взгляд на предметную область. Цель исследования является основным инструментом, позволяющим точно очертить границы предметной области, определить целесообразность рассмотрения той или иной характеристики предметной области для описания ее состояния. Кроме того, формулировка цели исследования определяет, какие методы анализа применять в дальнейшем для ее достижения. Таким образом, средства анализа информации определяются, с одной стороны, возможностями модели предметной области, а с другой стороны – полнотой данных.

В общем случае при моделировании многих биологических явлений в основном приходится полагать близкие к истине величины, ферментативно-кинетические механизмы для той или иной части исследуемого процесса.

Одна из наиболее простых и в то же время основных ферментативных реакций, часто встречающихся в практической реальности, – это реакция, в которой субстрат необратимо превращается в продукт одним ферментом.

Для нелинейной системы, описываемой дифференциальным уравнением, исследована задача модельного управления синтезом фермента.

---

\* Адрес для переписки. E-mail: khafizovna\_66@mail.ru



Активные организмы предполагают собою крайне непростые концепции, более значимыми химическими составляющими которых являются, по-видимому, белки – органические вещества с большой молекулярной массой, величины порядка  $10^5$  довольно обычны.

В частности, белки являются главными элементами крови, кожи, мышечных волокон и т.д.; также могут представлять собой белки некоторые гормоны и антитела.

В красных кровяных клетках перенос почти всего кислорода осуществляется белком гемоглобина. Почти все без исключения химические реакции в организмах протекают с участием белков в качестве катализаторов, т.е. веществ, которые либо ускоряют реакцию, либо необходимы для ее протекания, но не входят в завершающий продукт реакции [1],[2]. Белки-катализаторы называются ферментами. Ферменты в роли катализаторов чрезвычайно эффективны - они работают в очень низких концентрациях и при обычных температурах и давлениях. Ферменты реагируют весьма избирательно с определенными соединениями, называемыми субстратами, иначе говоря, ферменты обладают высокой специфичностью. Микрочастица, которая связывается с ферментом, именуется лигандом; этот термин применяется наряду с термином «субстрат». Фермент - это органическое соединение, обычно белок, которое усиливает или является причиной каталитического действия изменения субстрата, к которому оно специфично. Ферменты могут принимать участие в реакции как активаторы или как ингибиторы. Ферментативная кинетика – это, по существу, исследование скоростей ферментативных реакций и условий, влияющих на них. Данная проблема довольно широко исследована в трудах Лайдлера (1958) и Диксона и Уэбба (1964), Уонта (1975). Начальные исследования ферментативной кинетики с применением строгих математических формул и закономерностей приведены также у Робиноу (1975). Широкое признание получила теория Михаэлиса-Ментена. Они (1973) основывали свой анализ на предположении, что свободный фермент и субстрат сначала образуют в ходе обратимой реакции ферментно-субстратный комплекс, который в свою очередь необратимо распадается, образуя вновь свободный фермент и субстрат [2]. Данную реакцию в виде схемы можно записать так:



где S - субстрат; E - фермент; SE - ферментно-субстратный комплекс; P - продукт; K - константа скорости реакции, и их размерность определяется формой реакции. Математическая модель этой реакции имеет вид :

$$\frac{ds}{dt} = -k_1se + k_{-1}c ,$$

$$\frac{ds}{dt} = -k_1se + (k_{-1} + k_2)c ,$$

$$\frac{ds}{dt} = k_1se - (k_{-1} + k_2)c ,$$

$$\frac{dp}{dt} = k_2 c .$$

Естественные первоначальные требования модели отвечают тому, что в начальный момент концентрации субстрата S и фермента E заданы и не равны нулю, а концентрация комплекса C и продукта P равны нулю, т.е.

$$s(0) = s_0 > 0, e(0) = e_0 > 0, c(0) = p(0) = 0.$$

Сделаем определенные манипуляции, так называемые преобразования для получения соотношения для S и C в виде уравнения, и их будет два уравнения:

$$\frac{ds}{dt} = -k_{-1} l_0 s e + (k_1 s + k_{-1}) c , \quad (2)$$

$$\frac{dc}{dt} = k_1 l_0 s e - (k_1 s + k_{-1} + k_2) c . \quad (3)$$

Практически все без исключения реалистические математические модели биологических явлений приводят к математическим уравнениям, которые никак не позволяют очевидных решений в явном виде.

Согласно этому фактору, для того чтобы получить и математически и биологически правильные приближения, должна быть выяснена относительная величина различных составляющих в уравнениях. Такой исход возможно получить с уверенностью только в том случае, если все величины приведены к безразмерному виду.

Введение безразмерных величин осуществляется таким образом:

$$\tau = k_1 e_0 t, \lambda = k_2 / k_1 s_0, x(\tau) = \frac{s(t)}{s_0}, y(\tau) = \frac{c(t)}{l_0}, k = \frac{k_{-1} + k_2}{k_1 s_0}, \varepsilon = \frac{l_0}{s_0} ,$$

Введенные обозначения подставляем в дифференциальные уравнения (2)-(3) и при этом если учесть начальные условия, то получим безразмерную систему дифференциальных уравнений:

$$\frac{dx}{d\tau} = -x + (x + k + \lambda) y , \quad (4)$$

$$\varepsilon \frac{y}{\tau} = x - (x + k) y , \quad (5)$$

$$x(0) = 1, y(0) = 1$$

Во многих случаях биологических процессов соотношение начальных концентраций фермента и субстрата очень мало

$$\varepsilon = e_0 / s_0$$

и система (4)-(5) представляет задачу с сингулярным возмущением. Наиболее абсолютное, а также доступное введение в теорию сингулярных возмущений применительно к обыкновенным уравнениям приведены в книге О'Малея (1974), весьма

оригинальный подход можно найти у Марри (1974), У Лима и Сиджела (1974) также имеются некоторые соображения на эту проблему. Использование уравнения в частных производных в описании биологических явлений можно найти в работах Коула (1968), Ван-Дайка (1975), Найфе (1973). Рассмотренная нами система уравнений (4)-(5) принадлежит к общему классу сингулярно возмущенных систем, которым посвящены работы Тихонова А.Н. (1952), Васильевой А.Б. а также данная система рассмотрена в работах [3],[4],[5] с точки зрения оптимального управления поведением системы.

Решение дифференциальных уравнений (4)-(5) могут быть достаточно подсчитаны. Их характер может быть выяснен из соображений:  $S$  монотонно убывает от  $s_0$  до нуля, что касается  $C$ , то  $C$  возрастает до максимума, а затем вновь убывает до нуля. Полученную модель (4)-(5) для концентрации компонентов решаем с использованием метода Рунга-Кутты. Графическое изображение получено с использованием программного интерфейса MATLAB. Это система содержит операторы построения графиков в декартовой и полярной системах координат, трехмерных поверхностей. Также система поддерживает решение дифференциальных и разностных уравнений. В статье [5] задачи (4)-(5) исследовались на оптимальную стабилизацию управления системы на конечном отрезке. В этом случае был применен метод, который описан в [6]. В данной работе был предложен алгоритм нахождения решения задачи и установлены условия существования оптимального управления системы. В настоящей работе предлагается задача с параметром  $\epsilon$ . Особенность этих задач таковы, что приходится все время производить несложные, но последовательные рассуждения. На рисунке 1 показан вид решения, когда параметр  $\epsilon = 1$ .

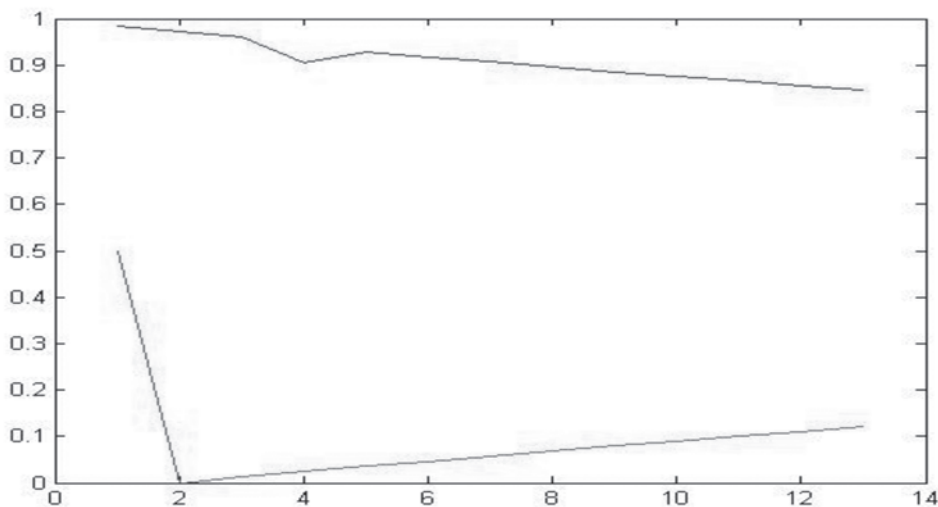
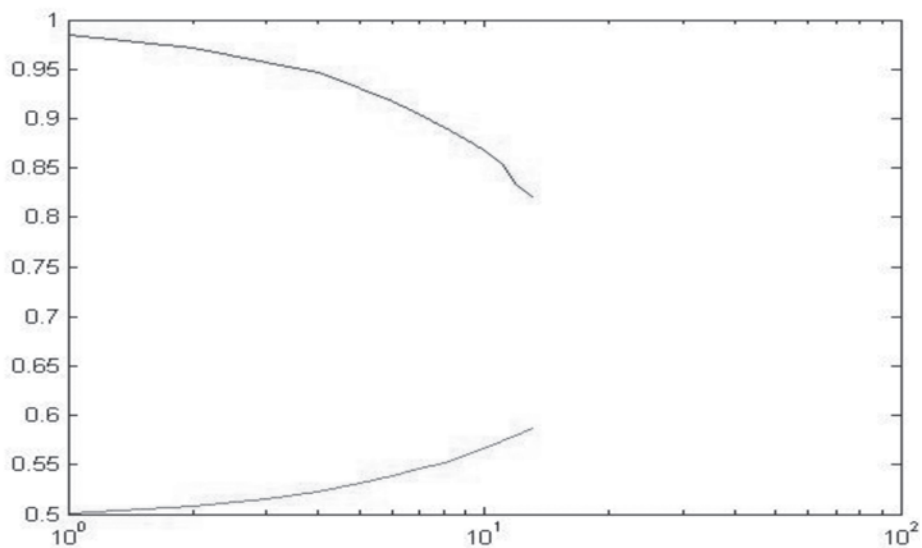
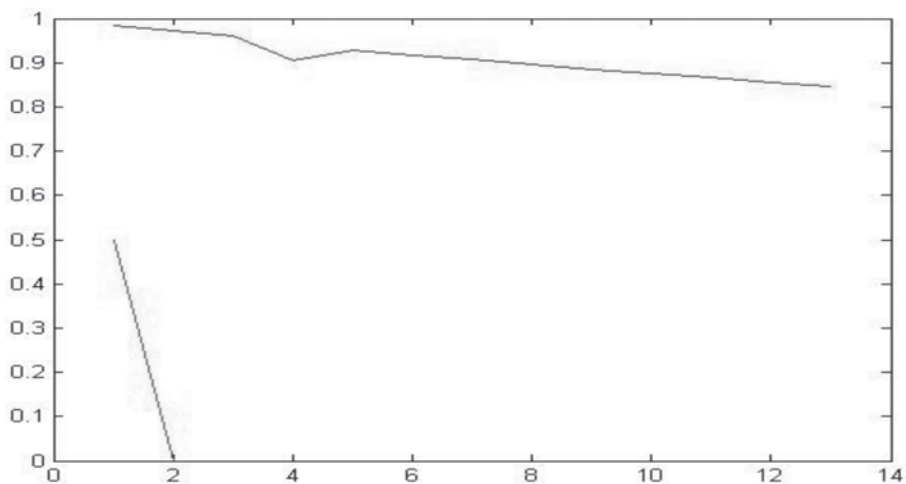


Рисунок 1 – Случай  $\epsilon = 1$ .

Следующий рисунок 2 демонстрирует изменения поведения решения системы, когда значение параметра увеличено на единицу.

Рисунок 2 – Случай  $\epsilon = 2$ .

На рисунке 3 показано поведение системы, когда значение параметра уменьшено.

Рисунок 3 – Случай  $\epsilon = 0,3$ .

Анализируя поведение графических представлений, мы доказали следующую теорему.

**Теорема.** Пусть дана нам система (4)-(5) с начальными условиями, и она будет иметь сходящее решение при значении параметра .

Таким образом, мы рассмотрели билинейную систему с параметром, показывающим изменение ферментно-субстратного комплекса. Эта математическая модель

дает возможность проводить численные эксперименты в широком диапазоне изменения переменных. Полученные с помощью модели графики наглядно показывают изменение реакции ферментно-субстратного комплекса. На сегодня численные методы являются мощным математическим средством решения многих научно-технических проблем. Это связано как с невозможностью в большинстве случаев получить точное аналитическое решение, так и со стремительным развитием компьютерных технологий. В данное время существуют различные численные стандартные программы и объектно-ориентированные пакеты прикладных программ. Но все же научно-инженерным исследователям важно понимать сущность основных численных методов и алгоритмов, так как интерпретация результатов расчетов требует специальных знаний особенностей применяемых методов.

В течение времени, прошедшего с момента появления дифференциальных уравнений в математике и физике, разработке аналитических методов уделялось много внимания. Они сыграли важную роль в изучении дифференциальных уравнений, позволили рассмотреть множество прикладных задач. В специальных литературных источниках можно найти класс различных типов уравнений, которые интегрируются в явном виде, они все имеют свой способ решения. Однако в большинстве случаев не удается получить явную формулу для решения. В этих условиях особенно важное значение приобретают численные методы. Численные методы являются универсальными и к тому же дают ответ в виде числовой таблицы, т.е. в форме, удобной для практического применения.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Д. Марии. Нелинейные дифференциальные уравнения. Модельная sv биологии. М.: Мир,1983 [D. Mary. Nonlinear differential equations Model sv biology. M.: Mir 1983]
- 2 Марчук Г. Математические модели в иммонологии. М.: Наука.1991.[ Marchuk G. Mathematical models in immonology. Moscow: Nauka. 1991]
- 3 Костомаров Д.П.,Корухова Л.С. Манжелей С.Г. Программирование и численные методы.- М.: Издательство МГУ,2011-224с.[ Kostomarov D.P., Korukhova L.S. Manzheley S.G. Programming and numerical methods.-M.: Publishing house of Moscow State University, 2011-224s.]
- 4 Жунусова Л.Х. Модельная система управления синтезом фермента // Дифференциальные уравнения и их приложения: материалы международной конференции, 24-26 сентября 2003. – Алматы,2003.- С.62.[ Zhunusova L.Kh. Model control system for enzyme synthesis // Differential equations and their applications: materials of the international conference, September 24-26, 2003. - Almaty, 2003. - P.62.]
- 5 Zhunussova L.Kh. Problems of model control optimization describing homogeneous fluctuations //Хабарлары ҚРҰҒА = Известия НАН РК. - 2008. - №1.-С.44-45.[ Zhunussova L.Kh. Problems of model control optimization describing homogeneous fluctuations //News of the National Academy of Science Kazakhstan- 2008. - №1.-pp.44-45]
- 6 Байгелов К.Ж.,Бияров Т.Н.,Жумагулов Б.Т. Оптимизация биологической системы при наличии ограничений на управления.Алматы: Препринт ИА РК 1993,№4.С.23.[ Baygelov K.Zh., Biyarov T.N., Zhumagulov B.T. Optimization of a biological system in the presence of a constraint on control. Almaty: Preprint IA RK 1993, No. 4.P.23]
- 7 Байгелов К.Ж., Бияров Т.Н., Жумагулов Б.Т. Динамика управляемых систем с запаздыванием. Алматы: Препринт ИА РК 1993,№4.С.23.[ Baygelov K.Zh., Biyarov T.N., Zhumagulov B.T. Dynamics of Controlled Systems with Delay. Almaty: Preprint IA RK 1993, No. 4.P.23.]

8 Буслов В.В., Яковлев С.В. Численные методы, в 2 -х ч. - СПб, 2001.520с. [ Buslov V, B., Yakovlev S.B., Numerical methods, in 2 hours - St. Petersburg, 2001.520s]

9 George W. Collins, II. Fundamental Numerical Methods and Data Analysis – 2003 [George W. Collins, II. Fundamental Numerical Methods and Data Analysis - 2003]

10 Формалев В. Ф., Ревизников Д. Л. Численные методы. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. - 400 с.[ Formalev VF, Reviznikov DL Numerical methods. - М.: FIZMATLIT, 2004. -- 400 s.]

11 Петров И.Б., Лобанов А.И. Лекции по вычислительной математике: Учебное пособие - М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006, 523 с. [ Petrov I.B., Lobanov A.I. Lectures on Computational Mathematics: Textbook - М: BINOM. Knowledge laboratory, 2006, 523 s.]

12 Джон Г.Мэтьюз, Куртис Д.Финк. Численные методы. Использование MatLab, 3-издание.: Перевод с английского, М.: Вильямс, 2001. – 720 с.[ John G. Matthews, Curtis D. Fink. Numerical methods. Using MatLab, 3rd edition.: Translated from English, М.: Williams, 2001. —720s]

13 Поршневу С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB: Учебное пособие / С.В. Поршневу. - СПб.: Лань, 2011. - 736 с.[ Porshnev, S.V. Computer modeling of physical processes in the MATLAB package: Textbook / S.V. Pisthnev. - SPb.: Lan, 2011. -- 736 s.]

14 Тимофеев В.Б. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB: Учебное пособие / В.Б. Тимофеев. - СПб.: Лань КИТ, 2015. - 736 с.[ Timofeev, V.B. Computer modeling of physical processes in the MATLAB package: Textbook / V.B. Timofeev. - SPb.: Lan KPT, 2015. -- 736 s.]

15 Федоров С.Е. Компьютерное моделирование и исследование систем автоматического управления: учебно-методическое пособие для вузов / С.Е. Федоров. - М.: Русайнс, 2018. - 256 с.[ Fedorov, S.E. Computer modeling and research of automatic control systems: teaching aid for universities / S.E. Fedorov. - М.: Rusays, 2018. -- 256 s.]

16 Цисарь И.Ф. MATLAB Simulink. Компьютерное моделирование экономики / И.Ф. Цисарь. - М.: Солон-пресс, 2014. - 256 с.[ Tsisar, I.F. MATLAB Simulink. Computer modeling of the economy / I.F. Caesar. - М.: Solon-press, 2014. -- 256 s.]

17 Васильева В.А., забелина С.Б., Кузхнецова Т.И.Применение пучка прямых на плоскости при решении уравнений и систем уравнений с параметром. / Вестник ЦМО МГУ, №6, ч.3, 2006. С. 32-39 [Vasil'eva V.A., Zabelina S.B., Kuzkhnetsova T.I. Application of a pencil of straight lines on a plane when solving an equation and systems of an equation with a parameter./ Bulletin of TsMO MSU, No. 6, part 3,2006, pp. 32-39]

18 Жарков Д.В. Основные методы решения задач с параметрами и текстовых задач с параметрами. / Вестник МГОУ, 2014. №3. С.20 [Zharkov D.V. Basic methods for solving problems with parameters and text problems with parameters./ Bulletin of MGOU, 2014. No. 3.P.20]

19 Казаков Н.А.,Солдатенков Р.М. Использование интерактивных геометрических сред при обучении математике /Актуальные проблемы математики,физики и математического образования[электронный ресурс]; сборник трудов кафедры математического анализа и геометрии/ под ред.Г.В. Кондратьевой, Е.А.Бедриковой, Д.А.Графова-Электрон.текстовые дан. (7,50Мб).-М.:ИИУ МГОУ.2018.С.73-76 [Kazakov N.A., Soldatenkov R.M. The use of interactive geometric environments in teaching mathematics / Actual problems of mathematics, physics and mathematical education [electronic resource]; collection of papers of the Department of Mathematical Analysis and Geometry / fruit edited by G.V. Kondratyeva, E.A. Bedrikova, D.A.Grafov-Electron.tex data. (7.50Mb) .- М.: ИИУ МГОУ. 2018. P.73-76]

20 Казаков Н.А.,Кузнецова Т.И. Из истории терминов «Модель» и «Моделирование».Часть 5. Систематизация возможностей использования интерактивных геометрических сред на уроках математики// Проблемы учебного процесса в инновационных школах: сб. науч. тр./под.ред. О.В.Кузьмина. - Иркутск: Изд-во ИГУ,2019.-Вып.23-С.86-90 [Kazakov N.A., Kuznetsova T.I.

From the history of the terms “Model” and “Modeling”. Part 5. Systematization of the possibilities of using interactive geometric environments in the lessons of mathematics // Problems of the educational process in innovative schools: collection of scientific papers / ed. OV Kuzmina. -Irkutsk: Publishing house of ISU, 2019. -Issue 23-PP.86-90]

### **Л. Х. ЖУНУСОВА**

*Абай ат. Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан*

### **СЫЗЫҚТЫҚ ЕМЕС ПАРАМЕТРЛІ ЖҮЙЕНІҢ ДИНАМИКАСЫН ЗЕРТТЕУ МӘСЕЛЕЛЕРІ**

*Биологиядағы, экологиядағы және химиядағы бірқатар мәселелерді өлшемді сызықтық емес, атап айтқанда параметрді қамтитын дифференциалдық теңдеулердің сызықтық жүйелерін қарастыруға дейін азайтуға болады. Мұндай жүйелер үшін параметр әсерінің шешімін табу қызықты. Жоғарыда аталған жүйелерді модельдеу кезінде туындайтын күрделі есептеу процесстері осы тақырып бойынша зерттеулер әрдайым өзекті болып қалуға мүмкіндік береді. Бұл жұмыста дифференциалдық теңдеулердің сызықтық жүйесі қарастырылған. Осы жүйенің шешімінің сандық есебі келтірілген.*

**Түйін сөздер:** *екі сызықты жүйе, дифференциалдық теңдеулер, ферментативті реакция, жүйенің динамикасы, жүйенің параметрі, жуықтау.*

### **L. KH. ZHUNUSSOVA**

*Kazakh National Pedagogical University named after Abay, Almaty, Kazakhstan*

### **STUDY OF DYNAMICS OF BILINEAR SYSTEMS WITH PARAMETER**

*A number of problems in biology, ecology and chemistry can be reduced to the consideration of  $n$ -dimensional nonlinear, in particular, bilinear systems of differential equations containing a parameter. For such systems, it is of interest to find a solution to the influence of a parameter. Complex computational processes arising in the modeling of the above systems make it possible for research on this topic to remain always relevant. In this paper, a bilinear system of differential equations is considered. The numerical calculation of the solution of this system is presented.*

**Key words:** *bilinear system, differential equations, enzymatic reaction, system dynamics, system parameter, approximation.*



**А. Г. МАРАТОВА, Ж. К. УБАЕВ\*, К. Ш. ШУНКЕЕВ, Л. Н. МЯСНИКОВА**

*Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, г.Актобе, Казахстан  
nczhiger@mail.ru*

## **ЦИФРОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СКАНИРОВАНИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЩЕЛОЧНОГАЛОИДНЫХ КРИСТАЛЛОВ**

*На примере кристалла NaCl, входящего в группу щелочногалоидных кристаллов, экспериментально продемонстрирована цифровая технология сканирования спектров рентгенолюминесценции, туннельной люминесценции, термостимулированной люминесценции в спектральном диапазоне от 200 нм до 850 нм с задаваемыми интервалами спектра и скоростью сканирования с помощью светосильного монохроматора МСД-2 и фотоэлектронного умножителя типа H 8259 фирмы «Hamamatsu», работающего в режиме счета фотонов, управляемой специальными программами SpectraSCAN и ThermoSCAN.*

*Полученные экспериментальные данные в цифровом формате преобразовываются для дальнейшей обработки графического представления результатов с помощью пакета программ OriginPro, позволяющего оформлять графические зависимости спектров и осуществлять их математическую обработку.*

**Ключевые слова:** *щелочногалоидный кристалл, люминесценция, рентгенолюминесценция, туннельная люминесценция, термостимулированная люминесценция, цифровая технология.*

**Введение.** На базе щелочногалоидных кристаллов (ЩГК) демонстрируются технические возможности аппаратуры, работающей по цифровой технологии сканирования спектров различного вида излучения в зависимости от стимулирующего фактора.

В настоящее время для ЩГК установлены паспортные данные практически всех видов люминесценции, основным из которых является люминесценция автолокализованного экситона как собственная люминесценция матрицы [1-3]. Установлены различные виды возмущающих факторов (температура, радиация, деформация) на люминесценцию электронных возбуждений в ЩГК [3-6]. Обнаружен эффект усиления собственной люминесценции ЩГК при понижении симметрии решетки низкотемпературной упругой деформацией [4-9]. Продолжаются системные исследования этого уникального эффекта путем изменения ближайшего кристаллического окружения автолокализованного экситона посредством упругой, пластической и локальной деформации [8-11].

Исследование процессов релаксации автолокализованного экситона ЩГК в поле возмущающих факторов является весьма перспективным направлением для создания материалов с заданными физическими характеристиками (радиационно-чувствительных или радиационно-стойких), а также поиска оптических материалов с широкой областью прозрачности даже при воздействии на них ионизирующей радиации [12-15].

В данной работе приведены оригинальные результаты по сканированию спектров рентгенолюминесценции, туннельной люминесценции, термостимулированной лю-

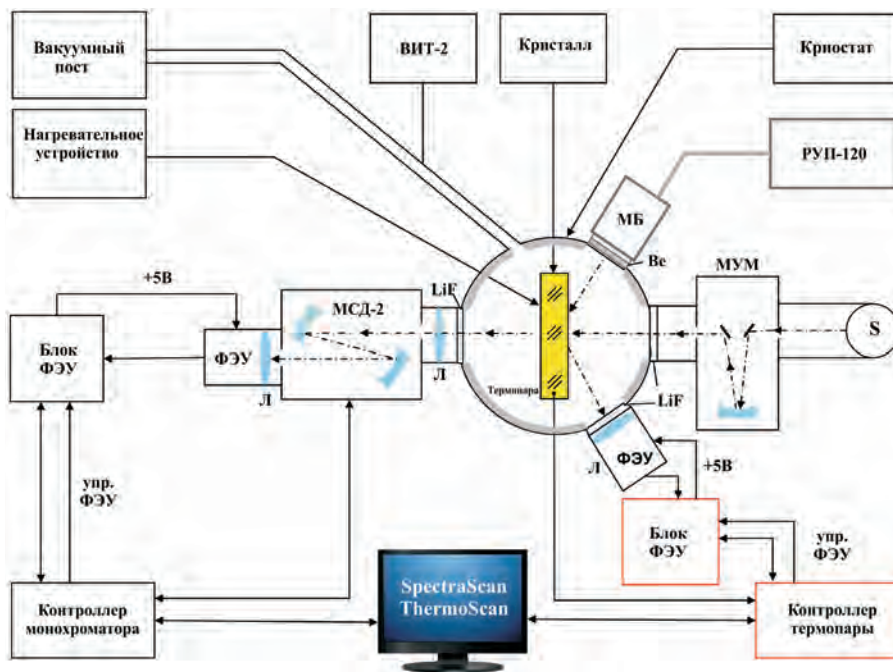
---

\* Адрес для переписки. E-mail: nczhiger@mail.ru

минесценции, а также интенсивность термолюминесценции кристаллов в режиме счета фотонов со специальными программами SpectraScan и ThermoScan, основанными на цифровой технологии управления экспериментальной аппаратуры [16].

**Техника сканирования спектров.** В настоящее время люминесценцию автолокализованного экситона в ЩГК классифицируют на две группы в зависимости от степени поляризации и времени жизни. Как правило,  $\sigma$ -поляризованной люминесценции автолокализованного экситона соответствует оптический переход из синглетного состояния с коротким временем жизни – ( $\tau = 10^{-9} \div 10^{-8}$  с),  $\pi$ -поляризованной люминесценции - из триплетного состояния с длительным временем жизни – ( $\tau = 10^{-6} \div 10^{-3}$  с).

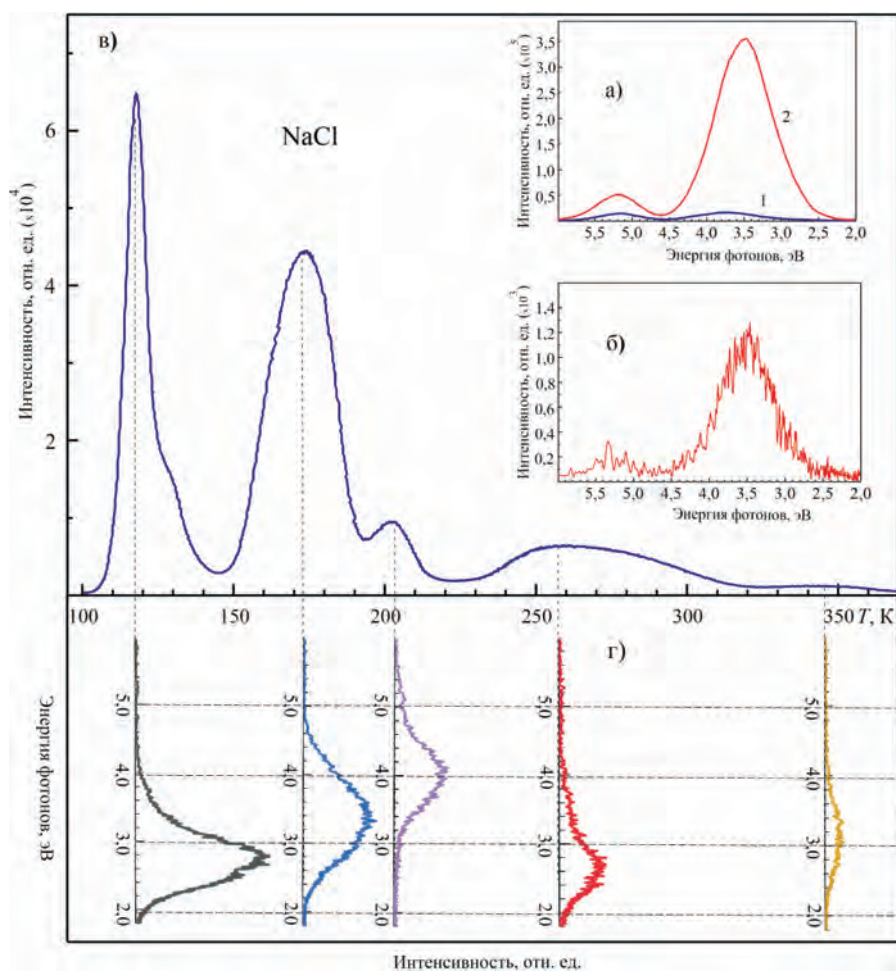
Отметим, что  $\sigma$ -,  $\pi$ -люминесценция автолокализованных экситонов ЩГК находятся в спектральном диапазоне от 200 нм до 850 нм, который является рабочим интервалом экспериментальной установки (рисунок 1), позволяющим регистрировать спектры рентгенолюминесценции (РЛ), туннельной люминесценции (ТЛ) и термостимулированной люминесценции (ТСЛ).



**Рисунок 1** – Спектральная установка по регистрации спектров рентгенолюминесценции, туннельной люминесценции и термостимулированной люминесценции с помощью программ SpectraScan, а также интегральной термостимулированной люминесценции кристаллов с помощью программы ThermoScan.

Программа SpectraScan предназначена для автоматической регистрации спектров излучения (РЛ, ТЛ, ТСЛ) ЩГК различной природы в спектральном диапазоне от 200 нм до 850 нм с помощью светосильного монохроматора МСД-2 и фотоэлектронного умножителя типа Н 8259 фирмы «Hamamatsu», работающего в режиме счета фотонов (на рисунке: МСД-2 → ФЭУ → контроллер → SpectraScan).

Суть спектра рентгенолюминесценции щелочногалоидных кристаллов (NaCl) заключается в регистрации спектрального состава излучения кристалла при постоянном облучении рентгеновскими лучами. Спектры рентгенолюминесценции кристаллов, на примере NaCl, регистрировались с использованием рентгеновской установки РУП-120, работающей в режиме 3 мА и 100 кВ, излучающей жесткий спектр рентгеновского излучения, который проникает по всей толщине кристалла (рисунок 2, а). Отметим, что при упругой деформации также наблюдается эффект усиления собственной люминесценции кристалла NaCl при 95К из сравнения кривых до (1) и при (2) деформации (рисунок 2 а). При регистрации РЛ кристаллов сканирование спектров рекомендуется осуществлять с минимальной скоростью (1÷5 нм/с) с целью точного определения максимумов полос излучения, так как имеем дело со стационарным излучением, не изменяющимся во времени.



**Рисунок 2** – Спектры рентгенолюминесценции (а, 1 – до деформации, 2 – при деформации  $\epsilon=1,2\%$ ), туннельной люминесценции (б), интегральной термостимулированной люминесценции – ТСЛ (в) и спектр ТСЛ (г) сканированные с помощью программы SpectraScan и ThermoScan.

Регистрация спектров туннельной люминесценции кристаллов (NaCl) осуществляется с максимальной скоростью сканирования (50 нм/с), как правило, при низких температурах (95 К) и после выключения длительного облучения ионизирующего излучения (рисунок 2 б). Низкая температура способствует формированию близко-расположенных радиационных дефектов, а длительность облучения увеличивает их концентрацию, благодаря которой происходит туннелирование между основными состояниями радиационных дефектов. По интегральному каналу следим за временной разверткой тушения туннельной люминесценции, и по достижению минимального значения ее интенсивности, переходим к регистрации интегральной термостимулированной люминесценции с помощью программы ThermoScan (рисунок 2 в).

Для этого включается нагревательное устройство в виде печи криостата, и предварительно X-облученный кристалл (NaCl) нагревается от 95 К до 400 К с постоянной скоростью – 0,15 °/с. По мере термического разрушения низкотемпературных электронных (дырочных) центров окраски (например,  $F'$ ,  $V_K$ ,  $V_{F'}$ ,  $V_{KA}$ -центров) происходит их поочередная делокализация с последующей рекомбинацией с дырочными (электронными) центрами, которые сопровождаются люминесценцией. В результате регистрируем серию полос люминесценции кристалла NaCl, имеющие максимумы при определенных значениях температуры, так называемой термостимулированной люминесценции (рисунок 2 в). По появлению интенсивных световых сигналов от температуры, при той температуре, соответствующей максимуму полос интегральной люминесценции, осуществляется сканирование ее спектра с помощью программы SpectraScan (рисунок 2 г).

Уникальность экспериментальной установки заключается в том, что она с помощью двух программ ThermoScan и SpectraScan позволяет одновременно регистрировать как термостимулированную люминесценцию (рисунок 2 в), так и ее спектр (рисунок 2 г). Во время сканирования каждого спектра ТСЛ в спектральной области от 2,0 эВ до 6,0 эВ температура образца изменялась на 1,5÷2,0 К. Это означает, что каждый пик ТСЛ кристалла NaCl практически остается как стационарное излучение во время сканирования спектра ТСЛ с максимальной скоростью (50 нм/с).

Низкотемпературная деформация и регистрация спектров РЛ, ТЛ, и ТСЛ осуществляется с помощью специального криостата [17-18], снабженного соответствующими окошками (рисунок 1)

Полученные экспериментальные данные в цифровом формате преобразовываются для дальнейшей обработки, в одном из наиболее мощных средств графического представления результатов, с помощью пакета программ OriginPro, позволяющего оформлять графические зависимости спектров и осуществлять их математическую обработку.

**Заключение.** Экспериментально продемонстрирована возможность сканирования спектров рентгенолюминесценции, туннельной люминесценции и термостимулированной люминесценции, а также интегральной термостимулированной люминесценции кристаллов NaCl с помощью светосильного монохроматора МСД-2 и фотоэлектронного умножителя типа Н 8259 фирмы «Hamamatsu», работающие в режиме счета фотонов, управляемые специальными программами SpectraScan и ThermoScan в интервале спектра 200÷850 нм при температуре 95 К.

Реализована регистрация сверхслабых и нестационарных световых сигналов, какими являются спектры туннельной и термостимулированной люминесценции в режиме счета фотонов, которые в 100 раз чувствительнее, традиционной фотоэлектрической регистрации спектров.

Уникальность экспериментальной установки заключается в том, что она позволяет регистрировать спектры излучения любых материалов в виде кристалла, порошка, таблеток, пленок в широком интервале температур (95-400 К) в условиях различных видов деформации как низкотемпературных (95 К), так и высокотемпературных (выше 300 К).

**Благодарность.** Авторский коллектив выражает благодарность сотрудникам Гродненского государственного университета имени Янки Купалы (Беларусь) А.Е. Герману и А.Ю. Лицкевичу за модернизацию экспериментальной установки фотоэлектронными умножителями, работающие в режиме счета фотонов.

Работа выполнена в рамках проекта грантового финансирования Комитета науки МОН РК (ИРН AP08855672).

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Лущик Ч.Б., Лущик А.Ч. Распад электронных возбуждений с образованием дефектов в твердых телах. – М.: Наука, 1989. - 264 с. [Lushchik Ch.B., Lushchik A.Ch. Rspad elektronnyh возбуждений s obrazovaniem defektov v tverdyh telah. – М.: Nauka, 1989. - 264 s.]

2 Song K.S., Williams R.T. Self-trapped excitons. – Berlin: Springer Verlag, 1993. – 404 p.

3 Lushchik Ch, Lushchik A. Evolution of Anion and Cation Excitons in Alkali Halide Crystals // Physics of the Solid State. – 2018. – V. 60. – P. 1487-1505.

4 Babin V., Bekeshev A., Elango A., Kalder K., Maaros A., Shunkeev K., Vasilchenko E., Zazubovich S. Effect in uniaxial stress on luminescence of undoped and thallium-doped KI and RbI crystals // Journal of Physics: Condensed Matter. – 1999. – V. 11. – P. 2303-2317.

5 Babin V., Bekeshev A., Elango A., Kalder K., Shunkeev K., Vasilchenko E., Zazubovich S. Effect in uniaxial stress on dynamics of electronic excitations in alkali halides // Journal of Luminescence. – 1998. – V. 76&77. – P. 502-506

6 Elango A., Sagimbaeva Sh., Sarmukhanov E., Savikhina T., Shunkeev K. Effect in uniaxial stress on luminescence of X- and VUV - irradiated NaCl and NaBr crystals // Radiation Measurements. – 2001. – V. 33 (5). – P. 823-827.

7 Shunkeev K., Vasil'chenko E., Elango A. Influence of elastic stress on luminescent characteristics of KCl, KBr and KI crystals // J. Appl. Spectrosc. – 1995. – V. 62(3). – P. 533–536.

8 Myasnikova L., Shunkeyev K., Zhanturina N., Ubaev Zh., Barmina A., Sagimbaeva Sh., Aimaganbetova Z. Luminescence of self-trapped excitons in alkali halide crystals at low temperature uniaxial deformation // Nucl. Instrum. Meth. B. – 2020. – V. 464. – P. 95-99.

9 Shunkeyev K., Zhanturina N., Aimaganbetova Z., Barmina A., Myasnikova L., Sagymbaeva S., Sergeyev D. The specifics of radiative annihilation of self-trapped excitons in a KI-Tl crystal under low-temperature deformation // Low Temperature Physics. – 2016. – V. 42(7). – P. 580–583.

10 Vasilchenko E., Sarmukhanov E., Shunkeev K., Elango A. Electronic excitations in KBr and KI crystals near vacancy defects of different size // Phys. Stat. Sol. (b). – 1992. – V.174. – P.155-163.

11 Babin V., Elango A., Kalder K., Maaros A., Shunkeev K., Vasil'chenko E., Zazubovich S. Luminescent defects created in alkali iodides by plastic deformation at 4.2K // Journal of Luminescence. – 1999. – V. 81(1). – P. 71–77.



12 Kotomin E.A., Popov A.I., Eglitis R.I. Correlated annealing of radiation defects in alkali halide crystals // *J. Phys.: Condensed Matter*. – 1992. – V. 4(27). – P. 5901–5910.

13 Lushchik A., Kudrjavitseva I., Lushchik C., Vasil'chenko E., Kirm M., Martinson I. Creation of stable Frenkel defects by vacuum uv radiation in KBr crystals under conditions of multiplication of electronic excitations // *Phys. Rev. B*. – 1995. – V. 52(14). – P. 10069–10072.

14 Lushchik A., Lushchik C., Nagirnyi V., Shablonin E., Vasil'chenko E. Low-temperature creation of Frenkel defects via hot electron-hole recombination in highly pure NaCl single crystals // *Low Temperature Physics*. – 2016. – V. 42(7). – P. 547–551.

15 Lushchik A., Lushchik C., Vasil'chenko E., Popov A.I. Radiation creation of cation defects in alkali halide crystals: Review and today's concept // *Low Temperature Physics*. – 2018. – V. 44(4). – P. 269–277.

16 А.с. №12826. Цифровая технология регистрации спектров фотолюминесценции, рентгенолюминесценции, туннельной люминесценции и термостимулированной люминесценции щелочногалоидных кристаллов / Маратова А.Г., Убаев Ж.К., Шункеев К.Ш., Мясникова Л.Н.; опубл. 26.10.2020. [A.s. №12826. Cifrovaya tekhnologiya registracii spektrov fotolyuminescencii, rentgenolyuminescencii, tunnel'noj lyuminescencii i termostimulirovannoj lyuminescencii shchelochnogoloidnyh kristallov / Maratova A.G., Ubaev ZH.K., SHunkeev K.SH., Myasnikova L.N.; opubl. 26.10.2020.]

17 Shunkeyev K., Sarmukhanov E., Bekeshev A., Sagimbaeva S., Bizhanova K. The cryostat for deformation of crystals at low temperatures // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2012. – V. 400(5). – 052032.

18 Предпатент РК № 14831 Республика Казахстан (19)KZ (13) A(11) 14831. Криостат для деформации кристаллов в широком интервале температур (80-500 K) / Шункеев К.Ш., Сармуханов Е.Т., Бекешев А.З., Сагимбаева Ш.Ж., заявитель и патентообладатель Актюбинский государственный университет имени К. Жубанова, - №2003/0399.1; заявл. 25.03.2003; опубл. 15.09.04, Бюл. №9. – 5 с. [Predpatent RK № 14831 Respublika Kazahstan (19)KZ (13) A(11) 14831. Kriostat dlya deformacii kristallov v shirokom intervale temperatur (80-500 K) / SHunkeev K.SH., Sarmuhanov E.T., Bekeshev A.Z., Sagimbaeva SH.ZH., zayavitel' i patentoobladatel' Aktyubinskij gosudarstvennyj universitet imeni K. ZHubanova, – №2003/0399.1; zayavl. 25.03.2003; opubl. 15.09.04, Byul. №9. - 5 s.]

**А. Г. МАРАТОВА, Ж. К. УБАЕВ, К. Ш. ШУНКЕЕВ, Л. Н. МЯСНИКОВА**

*Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан*

## **СІЛТІЛГАЛОИДТЫ КРИСТАЛДАРДЫҢ ЛЮМИНЕСЦЕНТТІК СИПАТТАМАЛАРЫН СКАНЕРЛЕУДІҢ ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯСЫ**

*Сілтілгалоидты кристалдар тобына кіретін, NaCl кристалының мысалында, 200 нм-ден 850 нм аралығында көрсетілген спектрлік диапазонда рентгендік люминесценция, туннельдік люминесценция, термостимуляцияланған люминесценция спектрлерін сканерлеуге арналған цифрлық технологияны және сканерлеу жылдамдығын арттырушы МСД-2 күшті жарықтандырғыш монохроматорын, сонымен қатар фотондарды санау режимінде жұмыс істейтін «Hamamatsu» компаниясының H 8259 фотоэлектронды күшейткішін SpectraScan және ThermoScan арнайы бағдарламаларымен басқарады.*

*Алынған цифрлық форматтағы эксперименттік мәліметтер OriginPro бағдарламалық жасақтамасының көмегімен нәтижелердің графикалық көрінісін өңдеу үшін түрлендіріледі, бұл*

спектрлердің графикалық тәуелділіктерін тұжырымдап, оларды математикалық өңдеуді жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** сілтілігалоидты кристалл, люминесценция, рентгендік люминесценция, туннельдік люминесценция, термостимуляцияланған люминесценция, цифрлық технология.

**A. G. MARATOVA, ZH. K. UBAYEV, K. SH. SHUNKEYEV,  
L. N. MYASNIKOVA**

*K. Zhubanov Aktobe regional university,  
Aktobe, Kazakhstan*

### **a DIGITAL technology for SCANNING the LUMINESCENT CHARACTERISTICS of alkali HALIDE CRYSTALS**

*A digital technology for scanning the X-ray luminescence, tunnel luminescence, and thermostimulated luminescence spectra in the spectral range from 200 nm to 850 nm is experimentally demonstrated using the example of a NaCl crystal, which is part of the group of alkali halide crystals. This is done with the specified spectrum intervals and scanning speed using a high-aperture monochromator MSD-2 and a photoelectronic multiplier type H 8259 of the company "Hamamatsu", operating in the photon counting mode, controlled by special programs SpectraScan and ThermoScan.*

*The obtained experimental data are digitally converted for further processing of the graphical representation of the results using the OriginPro software package, which allows you to draw up graphical dependencies of the spectra and perform their mathematical processing.*

**Key words:** Alkali halide crystal, luminescence, X-ray luminescence, tunnel luminescence, thermostimulated luminescence, digital technology.



**Е. С. ОРЫНГОЖИН\*, Ш. Ж. ОМАРОВА, Е. ЖУСУПОВ,  
А. Б. ШАЛАБАЙ, Ж. А. БАЗАРБАЙ**

*Казахский национальный исследовательский аграрный университет,  
г. Алматы, Казахстан*

## **ОЦЕНКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

*В статье дана оценка сельскохозяйственных земель с применением геоинформационных систем, разработанная с учетом теоретических основ экономической оценки стоимости земель и методов стоимостной оценки экологически значимых факторов. Обоснована возможность выделения экологических показателей в качестве самостоятельных критериев экономической оценки земель. Система оценки реализована на сельскохозяйственных землях Восточно-Казахстанской области, характеризующихся высокой степенью сельскохозяйственной освоенности и широким распространением процессов эрозии.*

**Ключевые слова:** оценка земель, сельскохозяйственные земли, система стоимостной оценки, геоинформационные системы.

В Казахстане исследования в области эколого-экономической оценки сельскохозяйственных земель получили развитие с 1990-х годов и являются относительно новым направлением. Ситуация усложняется отсутствием или ограниченностью данных экологического мониторинга земельных ресурсов. Поэтому разработка и реализация систем эколого-экономических оценок не достигли уровня зарубежных стран с развитой экономикой. Тем не менее, к настоящему времени накоплена определенная теоретико-методическая база и практический опыт проведения эколого-экономической оценки сельскохозяйственных земель, расположенных в разных регионах страны с различными природно-экономическими условиями.

В аграрном секторе экономики земельные ресурсы выступают главным средством производства, и их устойчивое использование является естественной необходимостью. Поэтому в нашей стране и за рубежом в последнее время выделение экологических факторов землепользования в самостоятельные показатели экономической оценки сельскохозяйственных земель является активно развивающейся областью исследований и актуализируется в связи с возрастающей ролью земельных ресурсов в мировой экономике при решении задач достижения продовольственной безопасности стран и отдельных регионов мира [1].

В основу оценки заложена идея установления адекватных систем землепользования, поэтому при проведении земельно-оценочных работ большое внимание уделяется экологическим факторам (климат, рельеф, растительный покров, характеристики почвенного плодородия, типы деградации и др.). Специальной задачей при разработке систем земельной оценки является необходимость использования результатов исследований смежных наук: естествознания, технологии землепользования, экономики и социологии [2]. Система оценки ФАО используется для различных регионов мира в планах по рациональному использованию земель и при определении пригодности земель для возделывания сельскохозяйственных культур. За последние десятилетия в зарубежной практике система эколого-экономических оценок получила

---

\* Адрес для переписки. E-mail: e24.01@mail.ru

широкое распространение как часть экологического менеджмента в области достижения устойчивости землепользования. Система оценки выстраивается по широкому спектру направлений, каждое из которых включает в себя соответствующие показатели: ландшафтная экология (риск пожаров, угроза вымирания видов); качество среды (содержание загрязняющих, обеспеченность питательными элементами, степень и интенсивность развития процессов деградации и др.); экономический аспект (стоимость земли, распределение доходов) и др. На основе всех критериев формируется сводный индекс устойчивости (эколого-экономическая эффективность), который используется в качестве критерия при сертификации [3].

В работах по эколого-экономической оценке сельскохозяйственных земель обычно выделяют две группы показателей. В первую группу входят экономические показатели: доход, затраты, ставка капитализации, стоимость земельного участка. Во вторую группу входят экологические показатели, которые отражают типы и степень деградации земель: расчлененность территории, эрозионные процессы, дефляцию, засоление, загрязнение, и другие, которые в совокупности определяют ущерб, наносимый сельскохозяйственным землям. Многие исследователи показатель ущерба признают одним из ключевых в эколого-экономических расчетах [4].

В ходе изучения теоретико-методических основ и практического опыта экономической оценки земельных ресурсов с учетом экологических факторов землепользования для эколого-экономической оценки были выбраны три метода стоимостной оценки сельскохозяйственных земель [5].

Выбор данных методов обусловлен наличием в большой степени экологических показателей. Включение их в систему эколого-экономической оценки позволяет объединить накопленные знания в области экономики землепользования, стоимостной оценки земель, а также учесть факторы, характеризующие качественное состояние сельскохозяйственных земель и природно-экономические условия их местоположения.

Стоимость, рассчитанная каждым из методов, подлежит корректировке с помощью специальных поправочных коэффициентов, учитывающих экологическую значимость территории, типы и степень негативных воздействий на земельные ресурсы. Величина упущенной выгоды возрастает по мере увеличения степени воздействия, что выражено значениями поправочных коэффициентов, которые выбираются из соответствующих методик оценки ущербов. Результаты эколого-экономической оценки требуют сравнительного анализа и согласования. Эта процедура необходима в связи с различиями в итоговых значениях результатов, полученных при использовании каждого из трех методов стоимостной оценки, и заключается в нахождении средневзвешенного значения путем обоснования весовых коэффициентов [6].

На территории исследования было выделено семь типов деградаций и ухудшения свойств почв, которые в основном связаны с увеличением площади эродированных земель, уменьшением мощности почвенного профиля и уменьшением запасов органического вещества в профиле почвы. Поэтому значения корректирующих коэффициентов были выбраны из соответствующей методики определения размеров ущерба от деградации почв и земель. Для пахотных земель коэффициент пересчета находится в диапазоне 0,2-0,8; для земельных ресурсов сенокосов – 0,2-1,0 в зависимости от типа

и степени негативного воздействия на земли. Наибольший природно-хозяйственный ущерб наносит расчлененность территории оврагами; соответствует этому процессу значение коэффициента – 3,0.

В ходе проведения эколого-экономической оценки сельскохозяйственных земель на территории исследования был рассчитан средний размер ущерба с единицы земельной площади с использованием трех методов. При сравнительном анализе и согласовании полученных результатов было рассчитано средневзвешенное значение ущерба по типам воздействий.

Информационные условия выполняются при наличии систематизированной постоянно обновляемой базы данных по земельным ресурсам, формируемой на основе государственного кадастрового учета [7].

Регулирование управляемых факторов властными структурами и адаптация к неуправляемым с целью выполнения институциональных, информационных и организационных условий позволит достигнуть рационального землепользования в регионе.

К числу важнейших факторов эффективности проектирования, поддающихся количественной оценке, относится сокращение сроков выполнения работ. Зонирование земель с применением автоматизированных систем показано на рисунке 1.



Рисунок 1 – Зонирование земель с применением геоинформационных систем

В итоге оценка сельскохозяйственных земель была сформирована с использованием теоретических и методических основ экономической оценки стоимости земель. Для измерения экологических показателей земель, подверженных воздействию раз-

ных типов природных или антропогенных деградаций, был использован нормативный метод экономической оценки природных ресурсов на основе такс возмещения ущерба по законодательно установленным нормативам стоимости земель, откорректированных с помощью поправочных коэффициентов, характеризующих тип или степень воздействия [7].

Практическая реализация системы оценки на сельскохозяйственных землях Маркакольского района Восточно-Казахстанской области позволила определить стоимостное значение экологических факторов – типов деградации сельскохозяйственных земель с применением автоматизированных систем, распространенных на территории исследования. Наибольшее значение по итоговым результатам эколого-экономической оценки получили два типа деградации – увеличение площади эродированных земель и расчлененность территории оврагами, которые представляют главную проблему аграрного землепользования в районе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Земельный кодекс РК., 2003г. [1 Zemel'nyj kodeks RK., 2003g.]

2 Комплексный подход к планированию и рациональному использованию земельных ресурсов. Глава 10. [Электронный ресурс] // Повестка дня на XXI век / Конференция ООН по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, 3–14 июня 1992 года. – Режим доступа: [http://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/conventions/agenda21\\_ch10.shtml](http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/agenda21_ch10.shtml). – Загл. с экрана. [Kompleksnyj podhod k planirovaniyu i racional'nomu ispol'zovaniyu zemel'nyh resursov. Glava 10. [Elektronnyj resurs] // Povestka dnya na XXI vek / Konferenciya OON po okruzhayushchej srede i razvitiyu, Rio-de-ZHanejro, 3–14 iyunya 1992 goda. – Rezhim dostupa: [http://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/conventions/agenda21\\_ch10.shtml](http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/agenda21_ch10.shtml). – Zagl. s ekrana.]

3 Хрулева Т. Амбициозные планы выполнимы? [Текст] / Т. Хрулева // Экономика сельского хозяйства России. – № 2. – 2013. – С. 34-37. [Hruleva T. Ambicioznye plany vypolnimy? [Tekst] / T. Hruleva // Ekonomika sel'skogo hozyajstva Rossii. – № 2. – 2013. – S. 34-37.]

4 A framework for land evaluation [Электронный ресурс] : FAO Soils bulletin 32 / Soil resources development and conservation service land and water development division. FAO UN. – Rome, 1976. – Режим доступа: <http://www.fao.org/docrep/X5310E/x5310e00.htm>. – Загл. с экрана.

5 Электронный ресурс] / G. S. Rodrigues, I. A. Rodrigues, C. C. de Almeida Buschinelli, I. de Barros // Environmental Impact Assessment Review. – 2010. – 30, Issue 4. – P. 229–239. – Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2009.10.002>. – Загл. с экрана.

6 Лысенко Е. Г. Эколого-экономическая эффективность использования земли [Текст]: (Теория, методол., практика) / Е. Г. Лысенко. – Ростов н/Д : Полиграф, 1994. – 199 с. [Lysenko E. G. Ekologo-ekonomicheskaya effektivnost' ispol'zovaniya zemli [Tekst]: (Teoriya, metodol., praktika) / E. G. Lysenko. – Rostov n/D : Poligraf, 1994. – 199 s.]

7 Югай А.М. Методические положения рационального использования сельскохозяйственных земель с учетом агроэкологических, экономических и ресурсных ограничений в регионах [Текст] / А.М. Югай, А.В. Колесников, М.П. Тушканов и др. – М. Издательство ООО «НИПКЦ Восход-А», 2009. – 204 с. [YUgaj A.M. Metodicheskie polozheniya racional'nogo ispol'zovaniya sel'skohozyajstvennyh zemel' s uchetom agroekologicheskikh, ekonomicheskikh i resursnyh ogranichenij v regionah [Tekst] / A.M. YUgaj, A.V. Kolesnikov, M.P. Tushkanov i dr. – M. Izdatel'stvo ООО «NIPKC Voskhod-A», 2009. – 204 s.]

**Е. С. ОРЫНҒОЖИН, Ш. Ж. ОМАРОВА, Е. ЖҮСІПОВ,  
А. Б. ШАЛАБАЙ, Ж. А. БАЗАРБАЙ**

*Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан*

### **ГЕОИНФОРМАЦИЯЛЫҚ ЖҮЙЕНІ ҚОЛДАНЫП АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ ЖЕРЛЕРІН БАҒАЛАУ**

Бұл мақалада ауылиаруашылық жерлерінің геоинформациялық жүйесі бойынша бағалауы берілген, онда жердің экономикалық бағалауының теоретикалық негізі және белгілі бір экологиялық көрсеткіштерін бағалаудың тәсілдері есепке ала отырып көрсетілген. Экологиялық көрсеткіштерге сүйене отырып, жердің экономикалық бағалауының өзіндік критерилері ұсынылған. Бұл бағалау жүйесі Шығыс Қазақстан облысының ауылиаруашылық жерлерін мысалға ала отырып, сонымен қатар ауылиаруашылық жерлерінің және олардың бұзылуы жағдайлары жоғары спатталған

**Түйін сөздер:** жер бағалау, ауылиаруашылық жерлері, бағалау жүйесі, геоинформациялық жүйе.

**E. S. ORYNGOZHIN, SH. ZH. OMAROVA, E. ZHUSUPOV, A. B. SHALABAY,  
ZH. A. BAZARBAY**

*Kazakh National Research Agrarian University, Almaty, Kazakhstan*

### **EKONOMICHESKAYA THE ASSESSMENT OF FARMLANDS WITH APPLICATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS**

A general system of ecological and economic assessment of agricultural lands is introduced. The system was developed taking theoretical basics of economic land evaluation and methods of significant ecological factors cost estimation into account. A possibility of allotting of ecological indicators as independent criteria for economic land evaluation is substantiated. The system of assessment was realized in application to the Novosibirsk region agricultural lands, which are actively used and subjected to erosion and ravine formation.

**Key words:** agricultural lands, ecological and economic assessment, types of degradation, damage, methods of assessment, ecological factors, ecological indicators, cost estimation system.

**D. T. TOLEK\*, O. N. DOLININA, M. E. MANSUROVA, G. A. TYULEPBERDINOVA**

*al-Farabi Kazakh National University*

*Almaty, Kazakhstan*

*Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia*

*tolek.dana@gmail.com; odolinina09@gmail.com; mansurova.madina@gmail.com;*

*tyulepberdinova@gmail.com*

## **IOT-BASED MUNICIPAL SOLID WASTE COLLECTION MODEL**

*The increase of waste generation has been counted as a significant challenge to big cities worldwide and represents a critical issue for countries with high urbanization rate. The effective use of Internet of Things (IoT) and cloud computing is the way to change existing MSW management by developing an efficient, cost-effective, and environmentally friendly solution for MSW collection and transportation system. In this paper an IoT-based reference model is described, and a comparison analysis of the available solutions is presented, with the goal to highlight the most relevant approaches.*

**Key words:** *municipal solid waste, IoT, smart city, smart waste bin, sensor.*

**Introduction.** Municipal solid waste (MSW) management is a global environmental concern, especially in developing countries [1]. MSW management includes all activities of collection, transportation, processing, and disposal of waste [2]. In developing countries, most of municipal budget is spent for transportation cost, and the fixed and operational costs of used disposal facilities, and moreover, they are the most expensive elements of MSW management, while the frequency and efficiency are still very low [3].

In a regular scenario, the municipal administration provides the waste collection vehicles (WCV) on basis of predefined schedule. However, this traditional way of waste collection is not considering the filling level of dumpsters or bins, which may vary from emptying to overflowing and high fuel consumption. In other words, collecting partially filled or almost empty bins increases decreases collection efficiency and collection cost [4].

Another facing challenge in MSW management is waste transportation vehicle movement routing. The constant change of travel time and duration of vehicle for a stated area makes it difficult to track and monitor the overall process [1]. Moreover, with the rise of environmental pollution problems, there is more attention is paid for production of carbon emission. The WCV produce emissions while driving and loading/unloading waste due to necessity to keep engines running and producing constant exhaust emissions [4].

This inaccurate waste collection and transportation processes do not provide optimized path to collect maximum garbage in minimum time span with less resource consumption. Thus, the purpose of this paper is to probe the literature on existing WCVRO techniques that involve solid waste bin monitoring system. The study gives a general view of existing solutions in different countries.

**Literature Review.** Over the past several years, considerable studies have addressed the problem of growing solid waste and its collection by applying different intelligent techniques. The most articles published in Web of Science database, related to this problem,

---

\* Адрес для переписки. E-mail: [tolek.dana@gmail.com](mailto:tolek.dana@gmail.com)



proposes WCVRO methods which considers to improve along with cost efficiency, the environmental, technological and social aspects [2].

The literature review introduces a noticeable solution which is monitoring of the status of waste bins using advances of Internet of Things technologies. One of the researches introduces “Smart Clean City” system - solution to optimize waste management process. By receiving level data of bins via cellular communication, server application generates optimal route for each WCV considering the road traffic data. The implementation of described system in Region of Saratov (Russia) helped to achieve effective results in the travel time of vehicle and fuel cost saving [1].

Also, following a cost-effective and energy-efficient goals, Kristano et al. recommend dynamic routing using a smart trash bin. However, despite of advances in routing optimization, the power consumption issues appear due to constant volume measurement and which negatively affect to battery life [9]. In order, to improve the work of cleaning operators to manage hygiene issues in real time and to increase their productivity, the research work in [10] proposes a Smartbin system that identifies the fullness of litter bins. The proposed system collects data and transmits it through a wireless mesh network. Intelligent waste management model for the improvement of waste collection is presented in [11]. In some countries, for instance Australia, municipalities charge fees for waste produced in the city by counting the weight of garbage for each neighborhood or street and then rate the average of each user per household. This collection model is not the most accurate, and as the cost of waste disposal increases every year, waste producers requires an efficient solution that reduces the cost and changes the form of charging, applied through a fixed rate. Intelligent waste management can solve this issue by ensuring that the user is taxed only based on the waste that they produce.

After achieving progress in collecting and storing data of level of bins on the cloud, researchers feel necessity for applying machine learning algorithms to avoid occurrence of overflow and predict waste generation, i.e. by analyzing behavior of people using Geographical Information System (GIS) technology. Aemu et al. in their work analyzed the impact of optimal bins location using GIS approaches and proposed that it has a direct impact on the overall cost, residents’ convenience and satisfaction, efficient collection for waste carrier vehicles, to name a few [9]. A younger study has been conducted by Imran et al. [10] for Jeju Island. In this study, quantum GIS is used to investigate the behavior of people towards waste disposal and the prediction of waste for a certain residential area using predictive analytics.

The most often encountered algorithms in addressing the WCVRO problem are integer programming, decision-making methods, heuristic and metaheuristic algorithms, Petri Net simulation, fuzzy goal programming, or empirical studies. Moreover, the recent publications include upgraded versions of these algorithms, for instance, Shaoqing et al. developed a hybrid metaheuristic algorithm based on simulated annealing algorithm (SAA) and a heuristic algorithm to solve the capacitated arc routing problem [12]. Italo Ruan et al. proposed a mathematical model for the best location of waste electrical and electronic equipment (WEEE) bins, where used a heuristic and metaheuristic algorithms, such as greedy randomized adaptive search procedure (GRASP) and genetic algorithm (GA) respectively [13]. Reference [14] used three heuristics (GA, simulated annealing, and relocation search)



to solve a location-allocation problem on a continuous space. Researchers described and compared constructive algorithms, like local search algorithms and tabu search algorithms with arc-exchange-based and node-exchange-based neighborhoods, while employing different and interacting tabu lists to solve the vehicle routing problem with integrated goods distributions and the waste collection supply chain [15]. In the case of stochastic parameters and uncertain environment, fuzzy logic-based methods, like the interval fuzzy possibility model, fuzzy goal programming, or fuzzy colored Petri net simulation can be used [16].

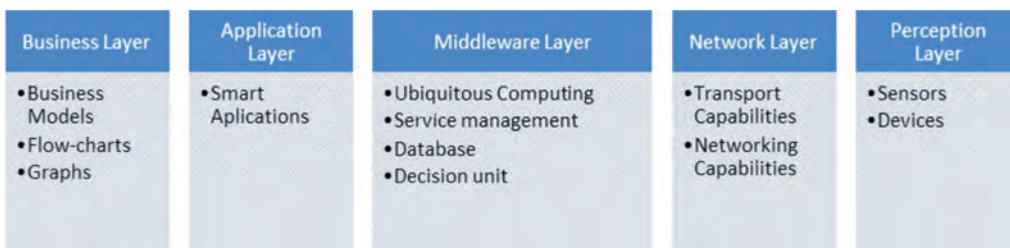
The result of Banyai’s study shows the scientific potential of the design of MSW management system. Specifically, the design of waste collection systems still needs more research and study. The key point of the study is to determine mathematical model and algorithm to design and control the waste collection and transportation processes

**Solid Waste Collection System.**

*A. Available IoT Architecture Reference Models for WCVRO problem*

According to reviewed papers, many authors present a solution for WCVRO problem through intelligent monitoring which allows planning of waste collection. Figure 1 illustrates the basic five layered architecture that authors used.

- Perception Layer. The IoT architecture perception layer is like the physical layer, which responsible for collecting physical information, processing them, and transferring them to the higher layers through secure channels. It applies technologies for the detection of parameters through specific sensors, such as weight, level, temperature, humidity, etc., also, it includes object identification data, such as 2D barcode and RFID, camera, GPS terminals etc.
- Network Layer. It carries and transmits the information collected from the physical objects through sensors. It also takes the responsibility for connecting the smart things, network devices and networks to each other.
- Middleware layer has some critical functionalities, such as aggregating and filtering the received data from the hardware devices, performing information discovery, and providing access control to the devices for applications. It employs many technologies such as databases, cloud computing, and big data processing modules.
- Application Layer. This layer is responsible for delivering various application services. These services are provided through the middleware layer to different applications and users in IoT-based systems.
- Business layer. This layer is responsible for managing the entire IoT System, including service-related applications such as providing high-level analysis report of the underlying layers, as well as addressing user privacy [17].



**Figure 1** – Layered architecture for the waste collection system

Since IoT connects everything to exchange information among themselves, the traffic and the stores within network tend to increase exponentially. Thus, IoT application development depends on technology progress and design following a reference model of an IoT architecture.

#### *A. Sensor node*

Due to the harsh nature of waste management, trucks and bins face harsh environmental conditions, such as temperature, moisture, dirt, rain, and so on. Therefore, the system components of truck and bin monitoring system must meet these challenges to monitor the waste collection efficiently. This section describes the hardware components used in the waste collection system.

Aiming to determine the fullness of the waste bins different type of sensors used in proposed waste collection systems. For instance, Martijn in his study [18] used a motion sensor to count the number of lid openings of containers. Such monitoring of filling process gives several advantages, like no contact with citizens on the scheduling of emptying's time and deep insights into the speed of container fillings. However, during the analysis, the author meets with several error and inconsistencies in proposed system. The registration system provides only the information on lid opening, but the volume of waste collected is still unclear.

In this section, the main sensor types applied in smart waste systems are described and compared. These transducers may be ultrasonic, infrared, Time of Flight (ToF), or Light Detection and Ranging (LiDAR). Each one of these transducers has different features that must be considered, such as range, measuring accuracy and amplitude of the working angle etc.

Russian researchers in [1] have developed "Smart Clean City" system. Within the system a special vandal-resistant device was developed as a sensor node. It includes infrared (IR) and ultrasonic sensors to detect fullness of containers. Data from the container transceiver unit is transmitted to the control room using a built-in GSM module. Aiming to save battery lifetime of node, the sensors work within the time controlled by microcontroller.

The same ultrasonic sensor used in implementation of smart trash bin [19]. It detects the distance to objects by emitting high-frequency ultrasonic waves. The advantages of this type of sensor are that it able to measure the distance of wider area compare to IR sensors, its operation is not affected by dust, dirt, or high-moisture environment, or sun lights, tend to consume lower current/power, and multiple interface options for pairing with a microcontrollers. The IR sensor offers a high resolution with quicker response time, compared with the ultrasonic sensors. LiDAR measures the range of targets through light waves from a laser instead of radio or sound waves. The advantage of this sensor are high measurement range and accuracy, and applicable for usage in day and night. ToF technology provides significant benefits over other distance sensing methods covered: wider range, faster readings, greater accuracy. The advantages and disadvantages of these sensors are listed in Table 1.

**Table 1** – Comparison of sensors

Parameters	Ultrasonic	Infrared	LiDAR	Time-of-Flight
Range	10cm to 1.5m	0 to 20cm	Wide range	0 to 2.5 m
Suitability to use for complex objects	No	Yes	Yes	Yes
Sensitive to external conditions	No	Yes	No	No
Beam pattern	Conical	Narrow (line)	Narrow (line)	Narrow (line)
High reading frequency	No	No	Yes	Yes
Response Speed	Slow	Fast	Fast	Fast
Accuracy	8 mm	5 mm	0.5 to 10 mm	5 mm
Cost	Low	Low	High	Moderate

*B. Networking Technologies*

In order, to integrate different objects and provide specific services within and IoT environment, it is necessary to apply communication technologies with low power consumption:

- RFID, NFC, Bluetooth Low Energy (BLE);
- Wi-Fi, ZigBee, Z-wave;
- Cellular GSM/GPRS, Long Term Evolution (LTE), Licensed LPWAN (LTE M, NB-IoT), Unlicensed LPWAN (LoRa, Sigfox).

All listed communication technologies and their parameters are shown in Table 2.

**Table 2** – Comparison of different communication technologies used in IoT.

Network	Connectivity	Data Rates	Pros	Cons	Popular use cases
1	2	3	4	5	6
RFID	Frequency wave Short-range (up to 2 m)	40 kbps	Data capturing with no duplication	Limited range	Healthcare, smart retail, logistics and asset tracking
NFC	Wireless Ultra-short range (up to 10 cm)	40 kbps	Reliability Low power consumption	Limited range Lack of availability	Payment systems, smart home
Bluetooth LE	Wireless Short-range (up to 100 m)	1 Mbps	High Speed Low power consumption Low cost	Limited range Low bandwidth	Smart home devices, wearables, healthcare, smart retail
Wi-Fi	Wireless Short-range (up to 50 m)	200 Mbps, max. 600 Mbps	High Speed Great compatibility	Limited range High power consumption	Smart home, devices that can be easily recharged

1	2	3	4	5	6
ZigBee	Wireless Short-range (10-100 m)	250 kbps	Low power consumption Scalability Low cost	Limited range Compliance issues	Home automation, healthcare, and industrial sites
Z-wave	Wireless Short-range (up to 30 m)	< 100 kbps	Reliability Low cost Low power consumption	Limited range	Home automation
LPWAN	Wireless, Long-range (2 to 5 km)	< 50 kbps	Long range Low power consumption	Low band- width High latency	Industrial IoT, Smart home, Smart city, Smart building, Smart agriculture (field monitoring)
Cellular networks	Wireless Long-range (up to 35 km)	< 170 kbps GPRS, 3-10 Mbps LTE	Nearly global coverage High speed Reliability	High cost High power consumption	Drones sending video and images

#### D. Application Layer Protocols

Once parts of the IoT solution are networked, they still need messaging protocols to share data across devices and with the cloud [20]. The most popular protocols used in the IoT ecosystems are:

- DDS (the Data Distribution Service) which directly connects IoT things to each other and to applications addressing the requirements of real-time systems;
- AMQP (the Advanced Message Queuing Protocol) aiming at peer-to-peer data exchange between servers;
- CoAP (the Constrained Application Protocol), a software protocol designed for constrained devices - end nodes limited in memory and power (for example, wireless sensors). It feels much like HTTP but uses fewer resources;
- MQTT (the Message Queue Telemetry Transport), a lightweight messaging protocol built on top of TCP/IP stack for centralized data collection from low-powered devices [5].

#### E. Applied algorithms in state of art

In the last few decades, several studies have been conducted, in order, to solve routing problems. The provided solutions are aimed to compute the shortest route (time, distance, cost) of vehicle. In this works presented the most efficient algorithms which provide accurate results. These are algorithm that solves an integer linear programming (ILP) or mixed-integer linear programming (MILP) problem. Some works are based on nearest neighborhood search, ant colony optimization, genetic algorithms, particle swarm optimization or tabu search [2, 15, 19].

**Table 3** – Comparison of the main features of algorithms.

Algorithm	Goal	Smart bins	GIS
Local search method	Min. distance	+	+
MILP	Min. distance	-	-
Nearest Neighborhood	Min. distance	+	+
Ant Colony Optimization	Min. distance	+	+
Genetic algorithm	Min. distance	+	+
PSO	Max. total waste collected	-	+
Tabu search	Min. transport cost, Max. service quality	-	-
ILP	Min. distance, Min. cost	+	+

Table 3 summarizes the features for the set of algorithms reviewed in this section. The comparison shows that most of the algorithms are based on heuristic or metaheuristic models to minimize the length of the routes. Except for the PSO algorithm which focused on maximization of the total waste collected. Tabu search algorithm aimed to minimize transport cost which depends on used vehicle and length of route. Also, it maximizes service quality by measuring the amount of waste that left on the street. It is noticeable that most algorithms solve the waste collection problem by minimizing the distance. With regards to initial nodes of the system, both smart bins and GIS technologies were used in the calculations.

**Lessons Learned.** Among all the papers analyzed, many authors propose a waste management model through IoT with waste collection focus and offering different scheduling models with dynamic routing for higher effectiveness of waste collection and using low fuel consumption. Considering aspects of IoT technology, the most used ultrasonic sensor is beneficial for waste collection optimization system in terms of low cost, quick installation, generally can be attached to any type of waste container in any type of climate conditions. The networking technology employed is also an aspect to be considered in terms of range, bandwidth, security, whenever possible, to use low power technologies, such as LPWAN, BLE.

The challenge of solid waste collection systems has been an opportunity for study and proposing different algorithms which capable of dealing with this issue. An additional study required to choose the right algorithm for solving these routing problems.

**Conclusion.** To achieve the transformation from traditional ways to the concept of smart cities, waste collection process becomes a critical element in achieving sustainability, efficiency in public spending, improving urban mobility, and preserving natural resources. The recent literature has been revised to investigate characteristics and aspects of intelligent waste management systems using the Internet of Things. Through a detailed literature review, solutions to identified problems were described, considering data detection, transmission, analysis, and processing of collected data, and obtaining the result for an efficient handling solution for solid waste.

## REFERENCES

- 1 Borozdukhin, O. Dolinina and V. Pechenkin, “Approach to the garbage collection in the “Smart Clean City” project”, 2016, 4th IEEE International Colloquium on Information Science and Technology (CiSt), 2016, pp. 918-922
- 2 T. Bányai, P. Tamás, B. Illés, Ž. Stankevičiūtė, and Á. Bányai, “Optimization of Municipal Waste Collection Routing: Impact of Industry 4.0 Technologies on Environmental Awareness and Sustainability,” *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 16, no. 4, p. 634, Feb. 2019.
- 3 H. Wu, F. Tao, Q. Qiao, and M. Zhang, “A Chance-Constrained Vehicle Routing Problem for Wet Waste Collection and Transportation Considering Carbon Emissions”, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, no. 2, p. 458, Jan. 2020.
- 4 K. Pardini, J. J. P. C. Rodrigues, O. Diallo, A. K. Das, V. H. C. de Albuquerque, and S. A. Kozlov, “A Smart Waste Management Solution Geared towards Citizens,” *Sensors*, vol. 20, no. 8, p. 2380, Apr. 2020.
- 5 P. Sethi and S.R. Sarangi, “Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications”, *Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 2017, Jan. 2017
- 6 M. Bernas, B. Płaczek, W. Korski, P. Loska, J. Smyła, and P. Szymała, “A Survey and Comparison of Low-Cost Sensing Technologies for Road Traffic Monitoring”, *Sensors*, vol. 18, no. 10, p. 3243, Sep. 2018
- 7 Kondratjevs, K., Kunicina, N., Patlins, A., Zabasta, A., Galkina, A., “Vehicle weight detection sensor development for data collecting in sustainable city transport system”, 2016 57th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University, RTUCON 2016, 2016, 7763136
- 8 H. Wu, F. Tao, and B. Yang, “Optimization of Vehicle Routing for Waste Collection and Transportation”, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, no. 14, p. 4963, Jul. 2020
- 9 S. Ahmad, Imran, F. Jamil, N. Iqbal, D. Kim, “Optimal Route Recommendation for Waste Carrier Vehicles for Efficient Waste Collection: A Step Forward Towards Sustainable Cities”, in *IEEE Access*, vol. 8, p. 77875, 2020
- 10 F. Foliando, Y. S. Low and W. L. Yeow, “Smartbin: Smart waste management system”, 2015 IEEE Tenth International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing, 2015, pp. 1-2
- 11 B. Chowdhury, M.U. Chowdhury, “RFID-based real-time smart waste management system”, In *Proceedings of the Australasian Telecommunication Networks and Applications Conference*, pp. 175–180, Dec. 2007
- 12 M. R. Mustafa, K.N.F. Azir, “Smart Bin: Internet-of-Things Garbage Monitoring System”, *MATEC Web Conf.*, vol. 140, pp. 1–4, 2017
- 13 I. Ruan Barbosa de Aquino, J. Ferreira, P. Guarnieri, L. Camara, “The Proposition of a Mathematical Model for the Location of Electrical and Electronic Waste Collection Points”, *Sustainability*, vol. 13, no. 1, p. 224, Dec. 2020
- 14 J. Liang and M. Liu, “Network Design for Municipal Solid Waste Collection: A Case Study of the Nanjing Jiangbei New Area”, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 15, no. 12, p. 2812, 2018
- 15 N. Bianchessi, G. Righini, “Heuristic algorithms for the vehicle routing problem with simultaneous pick-up and delivery”, *Computers & Operations Research*, vol. 34, pp. 578–594, Feb. 2017
- 16 K. Pardini, J. J. P. C. Rodrigues, S. A. Kozlov, N. Kumar, and V. Furtado, “IoT-Based Solid Waste Management Solutions: A Survey”, *Journal of Sensor and Actuator Networks*, vol. 8, no. 1, p. 5, Jan. 2019



17 K. Pardini, J. J. P. C. Rodrigues, O. Diallo, A. K. Das, V. H. C. de Albuquerque, and S. A. Kozlov, “A Smart Waste Management Solution Geared towards Citizens”, *Sensors*, vol. 20, no. 8, p. 2380, Apr. 2020

18 M. Mes, “Using Simulation to Assess the Opportunities of Dynamic Waste Collection”, In: Bangsow S. (eds) *Use Cases of Discrete Event Simulation*, Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 277-307, 2012

19 S. Kristanto, T. Yashiro, N. Koshizuka, and K. Sakamura, “Dynamic Polling Algorithm for Low Energy Garbage Level Measurement in Smart Trash Bin”, In *Proceedings of the Second International Conference on IoT in Urban Space (Urb-IoT '16)*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, pp. 92–94, 2016

20 Zenina, N., Merkuriev, Y., Romanovs, A., “TRIP-based transport travel demand model for intelligent transport system measure evaluation based on micro simulation”, *International Journal of Simulation and Process Modelling*, 2017, 12(3-4), pp. 207–220

**Д. Т. ТӨЛЕК, О. Н. ДОЛИНИНА, М. Е. МАНСУРОВА, Г. А. ТЮЛЕПБЕРДИНОВА**

*Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,  
Алматы қаласы, Қазақстан*

### **ЗАТТАР ИНТЕРНЕТІ НЕГІЗІНДЕ ҚАТТЫ ТҰРМЫСТЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДЫ ЖИНАУ МОДЕЛІ**

*Қалдықтардың пайда болуының артуы бүкіл әлемдегі ірі қалалар үшін маңызды мәселе болып саналады және урбанизацияның жоғары қарқыны бар елдер үшін маңызды проблема болып табылады. Интернет заттарын (IoT) және бұлтты есептеулерді тиімді пайдалану - қатты тұрмыстық қалдықтарды жинау және тасымалдау жүйесі үшін тиімді, үнемді және экологиялық таза шешім жасау арқылы қолданыстағы қатты тұрмыстық қалдықтарды басқаруды өзгерту әдісі. Бұл жұмыс IoT-қа негізделген анықтамалық модельді сипаттайды және ең маңызды тәсілдерді бөліп көрсету үшін қол жетімді шешімдердің салыстырмалы талдауын ұсынады.*

**Түйін сөздер:** қатты тұрмыстық қалдықтар, IoT, ақылды қала, ақылды қоқыс жәшігі, сенсор.

**Д. Т. ТОЛЕК, О. Н. ДОЛИНИНА, М. Е. МАНСУРОВА, Г. А. ТЮЛЕПБЕРДИНОВА**

*Казахский национальный университет имени аль-Фараби,  
г. Алматы, Казахстан*

### **МОДЕЛЬ СБОРА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ НА ОСНОВЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ**

*Увеличение образования отходов считается серьезной проблемой для крупных городов во всем мире и представляет собой критическую проблему для стран с высокими темпами урбанизации. Эффективное использование Интернета вещей (IoT) и облачных вычислений – это способ изменить существующее управление ТБО путем разработки эффективного, экономичного и экологически чистого решения для системы сбора и транспортировки ТБО. В данной работе описана эталонная модель, основанная на IoT, и представлен сравнительный анализ доступных решений с целью выделения наиболее релевантных подходов.*

**Ключевые слова:** твердые бытовые отходы, IoT, умный город, умный мусорный бак, датчик.

**С. М. ШАЙЗА\*, Б. С. ДАРИБАЕВ**

*Қазақстан Республикасының Білім және Ғылым Министірілігі  
әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан  
e-mail: seka.alban@mail.ru*

## **ҚОҒАМДЫҚ ТАМАҚТАНДЫРУ МЕКЕМЕЛЕРІН GPS ДЕРЕКТЕРІ БОЙЫНША АНЫҚТАУ МҮМКІНШІЛІГІМЕН ТАПСЫРЫС ҚАБЫЛДАУДЫ ОҢТАЙЛАНДЫРУ**

*Мақала мобильді қосымшаны (мекемелерде тапсырыс беру жүйесі) ұсынады, ол қолданушының тұрған жерін GPS технологиясының көмегімен мекемелерді анықтап, сәйкесінше ең жақын орналасқан мекеменің тағамдар менюін көрсетеді. Бұл жаңа әдіс қоңақтарға ыңғайлы болып, қазір пандемия кезінде адамдар арасындағы тікелей байланыстың азаюын қамтамасыз етеді. Осы құжатта келтірілген тәсілдерді мобильді құрылғыларда қолдануға болады: GPS-технологияның көмегімен мекеменің орналасқан жерін нақты анықтаудың өте тиімді әдіс-тәсілдерін қолдана отырып, ең жақын орналасқан мекемені таңдап алу арқылы тағамға тапсырыс берудің онлайн режимін енгізу. Осы ретте электронды меню жүйесін енгізу мақсатында Android платформасы үшін «Мәзір.кз» деп аталатын мобильді қосымшаны жүзеге асыратын боламыз.*

**Түйін сөздер:** *мобильді қосымша, GPS-технологиялар, онлайн тапсырыс, электрондық меню.*

**Кіріспе.** Технологияның қарқынды дамып тұрған уақытында, күнделікті қолданып жүрген құрылғыларымыздың да үнемі дамып, қолданушылардың инновациялық технологиялармен және техниканың жаңа әдіс-тәсілдерімен жабдықталуы – бүгінгі күннің даму тенденциясы болып табылады. Қазіргі кезде қолында смартфонсыз адамды кездестіру мүмкін емес болғандықтан, мейрамханалардың тапсырыс өндеу процесіне электронды меню жүйесі бар қосымшалар енгізу тиімді болып отыр. Мұндай қосымшалардың GPS-технологияларға негізделіп отырып жұмыс жасауы да бүгінгі таңдағы ең ыңғайлы әдіс деп айта аламыз [1].

Бүкіләлемдік COVID-19 пандемиясы кезінде еліміздегі мекемелердің басым көпшілігі күнделікті жұмыстарын тоқтатуға мәжбүр болды. Солардың қатарында қоғамдық тамақтану орындары да бар. Карантиндік шаралар жеңілдетілгеннен кейін, көптеген мекемелер тұтынушыларды қайта тартып, олардың дәл сол мейрамханаға келу мүмкіндігін арттыру шараларын іздей бастады. Бұл ретте, кез-келген мейрамхана клиенттің назарын аудару мақсатында және олардың қауіпсіздігіне кепілдік ретінде «бесконтактный сервис» яғни, тікелей қарым-қатынасты қажет етпейтін қызмет түрлерін ұсынуды қарастырады. Соның ішінде, осы қауіпті дерт кезінде мекемелерді тығырықтан шығаратын тағы бір маңызды технология жетістігі мобильді құрылғыларда қолданылатын *электронды мәзір жүйесі*. Бұл жүйені – мейрамхана қызметінің автоматтандырылуының бір бөлігі ретінде қарастыра аламыз. Оның көмегімен коронавирусқа қарсы сақтық шаралар мен санитарлық-гигиеналық талаптардың орындалуының жоғары нәтижесіне қол жеткізуге болады. Яғни, қолданушылар мейрамхананың вирус тасымалдау қаупі өте жоғары дәстүрлі қағаз менюі емес, күнделікті қолданатын өз смартфонсы арқылы тапсырыстарды жасай алады.

---

\* Адрес для переписки. E-mail: seka.alban@mail.ru

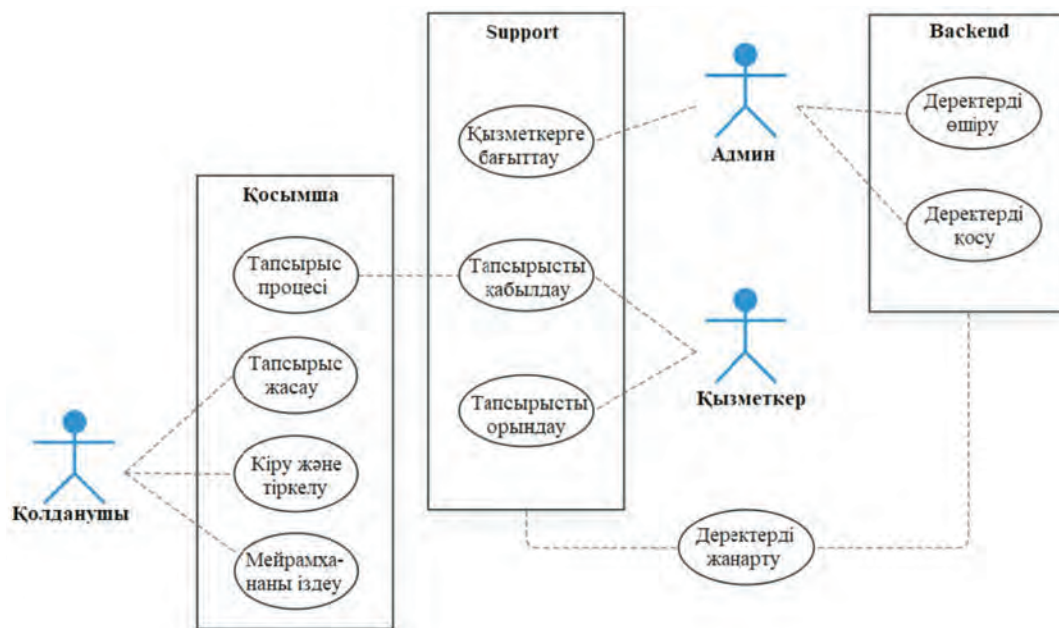
Тұтынушылардың тапсырыстарына, өнімді дайындауға және тұтынушыларға жеткізуге негізделген көптеген қоғамдық тамақтандыру мекемелердегі басты мәселелердің бірі - бұл тұтынушы мен қызмет көрсетуші арасындағы тікелей байланысқа кететін уақыт. Қазіргі уақытта біздің елімізде бұл цикл дәстүрлі түрде мейрамханаларда өтеді. Осы уақытты қысқарту тұтынушының қанағаттануына, демек, бизнес процесстің жақсаруына әкеледі. Яғни, даяшылар мейрамханаға тұтынушы келіп үстелге отырғаннан кейін тағамдар мәзірін әкеліп, егер тұтынушының шешімі дайын болмаса, даяшы белгілі бір уақыт өткеннен кейін тапсырысты алу үшін қайтып оралуы керек болады. Тапсырысты бергеннен кейін қонақ тапсырыстың дайындалуы үшін қажетті уақытқа сәйкес күтуі керек. Жетекшілік уақыты басқару тұрғысынан өте маңызды, себебі бұл тұтынушының қанағаттануына тікелей байланысты. Мекемелердегі тапсырыстарды өңдеу және уақытты үнемдеудің бұл әдісі – дәстүрлі тапсырыс сатыларын алып тастап, даяшыны қажет етпейтін, интерактивті электрондық меню жүйесін жүзеге асыратын мобильдік қосымшаны пайдалану – тиімділікті арттырады және энергия мен уақыт шығындарын азайтады[2].

**Зерттеу әдістемелері.** Жоғарыда айтып өткен мәселелерді шешудің жолдарын қарастыру мақсатында, біз электронды меню жүйесі бар мобильдік қосымша жасақтап шығардық. Қосымша «Мәзір.кз» деп аталады және Android платформасында қолданылады. Мобильді құрылғыларда осы қолданбаны пайдаланып GPS-деректердің көмегімен картада тұтынушының тұрған орнын анықтауға мүмкіндік беретін және сол локацияға жақын орналасқан мекемелердің мекен-жайларын, байланыс телефондарын, рейтинг және басқа да ақпараттарды көре аламыз. Өзімізге ұнаған мекемені таңдаған кезде сол мейрамхананың тағамдар мәзірі ашылады. Менюді қарап, қажетті өнімдерді таңдап болған соң, тапсырысты жалғастыру үшін адам санын, үстел нөмірін және тапсырыстың күні мен уақытын көрсетуіміз керек.

Бұл жүйе клиент-сервер архитектурасына негізделіп жасалған. Жүйеде тұтынушы (қосымшаны қолданушы) мен қызмет көрсетуші(мейрамхана) ретіндегі екі жақтың арасындағы өзара коммерциялық байланыс орын алады. Бұл бизнес процессті B2C моделіне жатқызамыз. Мобильдік қосымшаны қолданушы мен қызмет көрсетуші мекеме арасындағы әрекеттестік 1-суретте көрсетілген.

B2B моделі ретінде мекемелер мен бағдарламаны ұсынушылар арасындағы коммерциялық байланысты алсақ болады. Бағдарламаны жасақтаушы ретінде, біз өз тарапымыздан қоғамдық тамақтандыру мекемелеріне коммерциялық ұсыныс тастаймыз. Ұсыныс барысында екі жақты келісім шарт жасалады. Мейрамханалардың қызмет көрсетуі мен тағамдар мәзіріне қатысты барлық ақпаратты алу үшін мекеменің рұқсат беруі аса маңызды. Осы ретте пайдаланушылардың тапсырыстарын уақытылы бақылап, талаптарын қадағалап отыру үшін мекемеге веб-парақша ашып беретін боламыз. Әр мекеменің өзіне теңестірілген place id нөмірі болады. Қызметкер сол парақшаға id нөмірін теру арқылы тапсырыстарды көре алады. Тапсырыста: клиенттің аты, телефон нөмірі, тағамдары саны, бағасы, адам саны және стол нөмірі көрсетіледі.

Клиенттерге смартфондар арқылы QR кодына тапсырыс беруге мүмкіндік беретін кейбір ақылды мейрамханаларда қолданылатын жүйе электрондық мәзірді қарау және тапсырысты тіркеумен шектеледі. Дегенмен, осы GPS технологиясына негізделген



1-сурет – Жүйенің жұмыс істеу принципі [3].

осы мақалада ұсынылған модельде клиенттерге алдыңғы нұсқалардан басқа қосымша қызметтер қол жетімді [4]. Ұсынылған модельде мәзірді қарау мен тапсырыс беруден басқа, жүйе бағаларды есептейді және клиенттің шот-фактурасын электронды түрде төлей алатындай етіп, банктік порталға қосылу сілтемесімен бірге шот-фактураны клиенттің смартфонна жібереді. Алайда тапсырыс пен жеткізілім арасындағы уақыт басқару тұрғысынан өте маңызды. Бұл жүйе осы кезең ішінде клиенттерге қызықты ойын-сауық ұсына алады. Бұл жүйені пайдалану қашықтан тапсырыс беру үшін де өте қолайлы. Егер дерекқорға үйден немесе жұмыс орнынан тамақтануға тапсырыс берушілер кіретін болса, үйге жеткізу кезінде қателіктер нөлге тең болады. Бұл әдісті дәстүрлі тағамға тапсырыс беру және жеткізу әдісімен бірге қолдануға болады.

Айтылған модельді жүзеге асыру үшін аппараттық және бағдарламалық жасақтама болуы керек. Осы инфрақұрылымдар төменде келтірілген:

Бағдарламалық жасақтама:

- арнайы жасалған жүйе;
- азық-түлік ингредиенттері, суреттері мен бағалары көрсетілген мейрамхананың мәзірінен құралған деректер базасы.

Аппараттық инфрақұрылым:

- android платформасында жұмыс жасайтын мобильді құрылғы;
- орналасқан орынды анықтауға рұқсат беретін қызметтерге қолжетімділік.

*Бэкенд технологияларының қолданылуы.* Бұл қосымшаны әзірлеу барысында екі талап орындалуы керек: бағдарламалық жасақтама мен жабдыққа деген қажеттілік. Бұл жобаның сәтті дамуын қамтамасыз ету және болашақта пайдалану үшін маңызды. Қажетті құралдар 1 кестеде көрсетілген.

*1-кесте* – Бағдарламаға қажетті құралдардың сипаттамасы

Сипаттамасы	Бағдарламалық жасақтама
Код жазу ортасы (IDE)	Visual Code Studio v 1.53
Андроид тестілеу және қателерді реттеу	Android Studio
Бэкенд логикасын құрастыруға арналған бағдарламалау тілдері	Dart, PHP
Notification system, деректер қоры	Flutter, Mobx, Firebase, MySQL, Google maps geolocation
API-лерді тексеру, тестілеу, production, deployment кезеңдері	Google Chrome, emulator Android,
Интернет ортасына жариялау, сервер конфигурациясы	Nginx, DO (DigitalOcean)
Домен конфигурациялары	Hoster.kz

Мобильді қосымша үшін деректер базасы. Мобильді құрылғылар үшін MySQL Workbench - бұл мәліметтер қорын құруға өте қолайлы таңдау. Мұнда деректерді қосып, өшіріп, өзгертіп, баптап және т.б. әрекеттерді жасауға болады. Ол іс-қимылдар CRUD алгоритмі арқылы жүзеге асады.

– Менің тіркелімім: ашылмалы мәзір пайдаланушының тапсырыстарын, кіру және жүйеден шығу опцияларын көрсетеді.

Мәзірді басқару жүйесінің модулі. Интернеттегі тапсырыс беру жүйесіне ұқсас бұл модуль әкімшіге менің тіркелімім ашылмалы мәзірінде келесі қосымша опцияларды ұсынады:

– санатты қосу: тағам санатының атауын қарапайым түрде қосуға мүмкіндік береді;

– өнімді қосу: тауардың атауын, сипаттамасын, бағасын қосуға және өнімнің кескінімен бірге қарапайым түрде санатты таңдауға мүмкіндік береді;

– өнімді өзгерту: өнім туралы ақпаратты жаңартуға немесе жоюға мүмкіндік береді.

Іздеу жүйесінің модуліне тапсырыс беру. Қолданба белгілі бір уақыт аралығында дерекқордан жаңа тапсырыстарды автоматты түрде алады және тапсырыс нөмірлерін көрсетеді. «Жеке кабинет» мәзірінде клиент тек өзі жасаған тапсырыстарын көре алады, ал мейрамхана қызметкерлері немесе әкімшісі барлық пайдаланушының тапсырыстарын көре алады. Тапсырыстың егжей-тегжейін көру үшін пайдаланушы тапсырыстың барлық мәліметтерін көрсететін тапсырыс нөмірін басуы керек. Бұл құрылымды интуитивті түрде кеңейтуге және құлатуға болады, ол тек сізге қажет ақпаратты көрсетеді.

*Қосымшада GPS деректердің орналасқан орынды анықтау нақтылығын жақсарту тәсілдері.* GPS-технологиясы заманауи смартфондардың стандартты функциясына айналды. Әдетте оны смартфонға орнатылған қолданбалар құрылғының орналасқан жерін анықтау үшін пайдаланады[5].



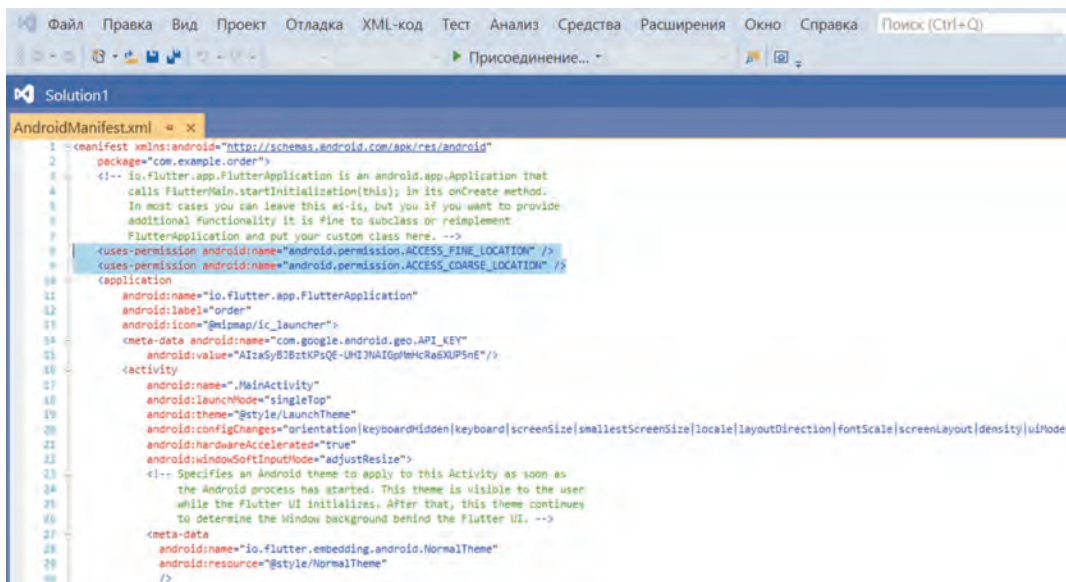
Орналасқан орынды нақты анықтау және рұқсаттамаларға оңай қол жеткізуді Google Maps geolocation API кітапханасын қолдану арқылы жүзеге асырамыз. Осы кітапхананың Flutter Mobx деп аталатын фрэйворк пайдаланамыз.

Flutter geolocator пакеті геолокация функцияларын қолдануға мүмкіндік береді. Оны pubspec.yaml файлына қосамыз және Get Packages-ті іске қосамыз.

```
dependencies {
  ...
  geolocator: ^5.0.1
  ... }
```

Рұқсаттарды қосу барысысын анығырақ қарастырайық. Біз ACCESS\_FINE\_LOCATION және ACCESS\_COARSE\_LOCATION рұқсаттарын қосуымыз керек. Add the following in AndroidManifest.xml.

```
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_FINE_LOCATION" />
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_COARSE_LOCATION" />
```



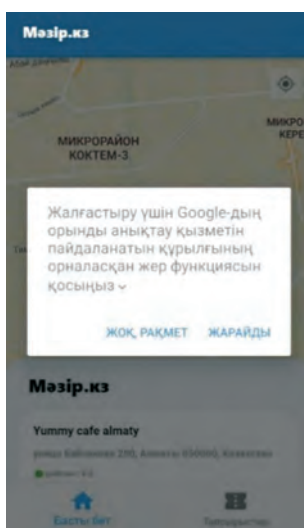
**2-сурет** – Рұқсаттарды қосуға арналған манифест файлы кірістіруді конфигурациялау[6].

Бұл рұқсаттарды AndroidManifest.xml файлының жолын көрсетіп, қосамыз: <app dir>/android/app/src/main/AndroidManifest.xml.

Мобильді құрылғыға геолокацияны пайдалануға рұқсат беру туралы хабарлама келіп түседі. Жалғастыру үшін келісім беру қажет.

Рұқсаттарды тексеруден өткіземіз. Егер де біз дұрыс рұқсаттарды қосқан болсақ, қолданбаға GPS көмегімен құрылғының орналасқан жеріне кіруге рұқсат беріледі[7]. Android платформасының 6.0 және одан да жоғарғы нұсқаларында пайдаланушыдан рұқсат сұрайды. Бірақ егер бағдарламаның орналасқан жерге кіруге рұқсаты бар-жоғын тексеруіміз керек болса, оны бағдарламалық түрде жасай аламыз.





3-сурет – Смартфонның орналасқан орынды анықтау функциясына рұқсат ету

Тексеруді жүзеге асыру үшін `checkGeolocation Permission Status` әдісін қолданамыз, ол Future мәнін қайтарады[9].

```
void check Permission() {
    _geolocator.checkGeolocationPermissionStatus().then((status) { print('status: $status'); });
    _geolocator.checkGeolocationPermissionStatus(locationPermission: Geolocation
Permission.locationAlways).then((status) { print('always status: $status'); });
    _geolocator.checkGeolocationPermissionStatus(locationPermission: Geolocation
Permission.locationWhenInUse)..then((status) { print('whenInUse status: $status'); });
}
```

Мағынасын аша кететін болсақ:

**GeolocationStatus.denied** – егер пайдаланушы рұқсат беруден бас тартқан жағдайда;

**GeolocationStatus.granted** – егер пайдаланушы рұқсат еткен жағдайда.

Нақты уақыттағы орналасқан орынды алу. Нақты уақыттағы орналасқан орынды анықтау аса қиындық туғызбайды. `Future < Location >` функциясын қайтару үшін `getCurrentPosition` әдісін қолданамыз және бұл үшін `desiredAccuracy` опциясын пайдалануымызға болады.

```
await Geolocator().getCurrentPosition(desiredAccuracy: LocationAccuracy.high)
```

Кей жағдайда орналасқан орынды анықтау процесі орындалмауы мүмкін. Мысалы, егер пайдаланушы GPS сенсорын өшірсе. Егер ол басынан бастап өшіріліп тұрған болса, бұл қатенің негізгі себептері болуы мүмкін, сондықтан біз оны бақылауымыз керек. Тіпті, орналасқан орынды іздеу процесі жүріп жатқан кезде де GPS-тің өшіп қалуы да мүмкін екендігі де анық. Бұл процестің тоқтап қалуына әкелуі мүмкін, сондықтан оны орындаудың кідірісін қосқан дұрыс[12].

```
void updateLocation() async {
    try {
        Position newPosition = await Geolocator().getCurrentPosition(desiredAccuracy:
LocationAccuracy.high).timeout(new Duration(seconds: 5));
    }
}
```

```

setState() {
    _position = newPosition;
  });
} catch (e) {
    print('Error: ${e.toString()}');

```

Төменде Android платформасы үшін әр LocationAccuracy[8] мәндерінің сипаттамалары келтірілген.

Сипаттама атауы:

**lowest** (ең төменгі) орналасқан жері шамамен 500м жоғары қашықтықта нақты;

**low** (төмен) орналасу орны 500м дейінгі дәл табылады;

**medium** (орташа) орналасуорны 100м мен 500м арасындағы қашықтықта дәлмедәл;

**high** (жоғары) орналасу орны 0м мен 100м арасында дәл есептелінеді;

**best** (ең жақсы) орналасқан орын 0м мен 10м арасындағы қашықтықта дәл анықталады.

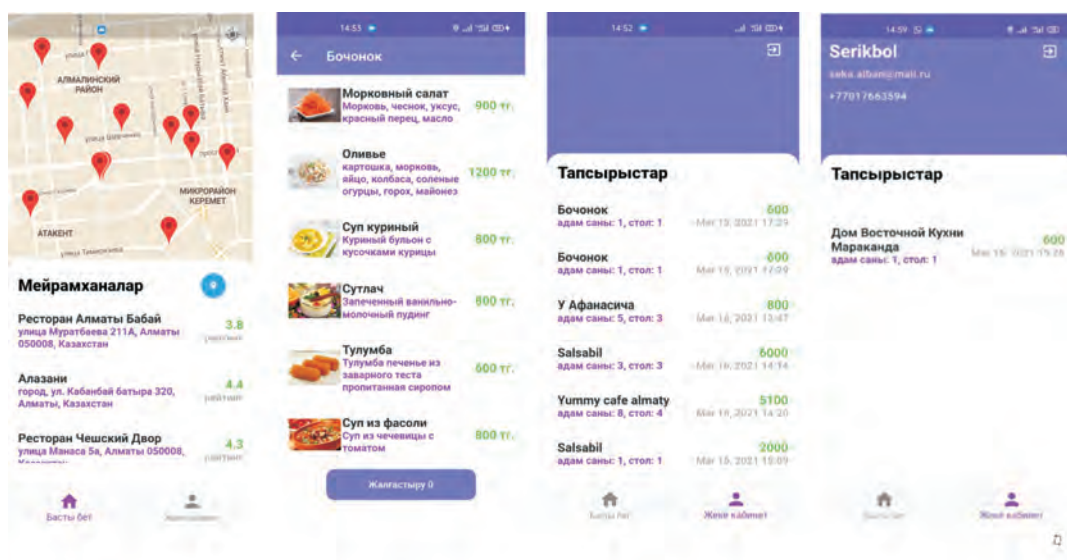
BestForNavigation орналасу дәлдігі Android үшін LocationAccuracy.best сәйкес келеді және оңтайландырылған болып табылады [15].

Орналасқан орынның жаңартылған нәтижесін алу үшін кодтарты цикл денесіне қоюға болады. Бірақ тиімді әрі дәлірек әдісті байқап көрейік. Біз <Subscription> функциясын қайтаратын getPositionStream қолдана аламыз. Сондай-ақ, пайдаланушыға хабарланғанға дейін локациялық орынды көзделген мәнге өзгертуді **distanceFilter** қолдана отырып баптауға болады.

**Зерттеу нәтижелері.** Жоғарыда көрсетілген әдіс-тәсілдерді пайдалана отырып, орындалу реті бойынша барлық алгоритмдерді жүзеге асырғаннан кейін жүйені тестілеуден өткіздік. Біз құрастырған мобильдік қосымша күтілген нәтижеге сай жұмыс істеп тұр. Жасақтау барысында туындаған қиындықтар мен жүйелік қателіктермен жұмыс жасалып түбегейлі шешілді. Енді қосымшаны пайдалануға толықтай мүмкіншілігіміз бар. Қолданбадағы басты функция, яғни, картадан мекемелердің геолокациясын GPS деректері арқылы табу іске асырылды. Мейрамхананы таңдап алып тағамдарға тапсырыс беріп көрдік. Тапсырысымыз сәтті орындалып, сервер арқылы веб-парақшаға ақпарат беріліп тұр. «Мәзір.кз» мобильді қосымшаның құрылымдық жүйесі 4 суретте көрсетілген.

Қазіргі уақытта қосымшаны кез-келген Android платформасындағы құрылғыларға жүктеп алып қолдана беруге болады.

Мәзір.кз қосымшасының жұмыс барысын тексеру мақсатында Алматы қаласындағы кез-келген тамақтандыру мекемесін алып, тәжірибе жасап көрдік. Төмендегі диаграммада «Versailles» мейрамханасының қолма-қол меню қолданғандағы тапсырысты өңдеуге кететін уақыты мен электронды менюі бар қосымша арқылы жасалған тапсырыстың өңделу уақыты көрсетілген. Төменгі бөлікке назар салсақ, тапсырысты өңдеуге кететін жалпы уақыт 25 минутты құрайды, ал электронды менюі бар қосымшамен тапсырысты қабылдауға кететін уақыт 20%-ға азайып, жалпы тапсырыс өңделу уақыты да 20%-ға төмендейді. Демек, бұдан шығатын қорытынды: қызметтерді электронды меню жүйесінің көмегімен алу және тапсырыстарды онлайн түрде жасау әдеттегіден әлдеқайда тиімді, әрі уақытты үнемдейді.



4-сурет – Мобильдік қосымшаның құрылымы



5-сурет – «Versailles» мейрамханасының тапсырыс өңдеуге жұмсайтын уақыты.

**Қорытынды.** Бұл жоба бізге HTML және CSS көмегімен веб-парақтар құру, dart көмегімен мәліметтер базасына қосылу және MySQL көмегімен деректер базасын басқару, Android studio эмуляторын пайдалана отырып тестілеу сияқты бірнеше тақырыптар бойынша құнды түсініктер мен тәжірибелік білім алуға көмектесті. Бұл жобаның мақсаты – мекемелерде тамақ өнімдеріне онлайн тапсырыс беру жүйелеріне арналған қосымша жасау болатын, және сол көздеген мақсатқа жету жолында жасалған қадамдар оң нәтижесін берді. Біз жобаның әртүрлі функцияларын қалай тексеруге болатындығын білдік, сонымен қатар Google Flutter mobx кітапханасын егжей-тегжейлі зерттедік. Жалпы, біз болашақ тағамға тапсырыс беру

жүйесіне бағытталған жүйе құрдық, бұл жүйе көптеген адамдарға пайдалы болады. Тапсырыс процесі кезінде GPS деректерді пайдалану физикалық тапсырыстың жойылуына және төлемге әкеледі. Бұл тартымды болумен қатар, клиенттер мен бизнес көшбасшыларына көбірек мүмкіндіктер ұсынады. Бұл жоспар тек дәстүрлі тапсырыстарды жою туралы ғана емес, сонымен қатар клиенттерді қызықтыру және олардың адалдық сезімдерін арттыру үшін дәстүрлі әдіске қосымша осы ақылды тапсырысты қолдану болып табылады. Сонымен қатар, осы әдісті қолдану қызметкерлердің бос уақытын және энергиясын сақтауға мүмкіндік береді, демек, клиенттер айтарлықтай қанағаттанатын болады.

## ӘДЕБИЕТ

1 Т. Лян. «Использование мобильных технологий в бизнесе – подходящая модель жизнеспособности», 107, стр. 1154-1169, 2016. [T. Lyan «Ispol'zovanie mobil'nyh tekhnologij v biznese – podhodyashchaya model' zhiznesposobnosti», 107, str. 1154-1169, 2016g.]

2 К. Камарудин и др. «Применение беспроводной системы заказа еды», MASAUM Journal of Computing, vol. 1, стр. 178-184, 2019. [K. Kamarudin i dr., «Primenenie besprovodnoj sistemy zakaza edy», MASAUM Journal of Computing, vol. 1, str. 178-184, 2019]

3 Сюй Хунчжэнь. «Беспроводная система заказа еды» по веб-сервисам », Вторая международная конференция по интеллектуальным вычислительным технологиям и автоматизации, 2016. [Syuj Hunchzhen', «Besprovodnaya sistema zakaza edy» po veb-servisam », Vtoraya mezh-dunarodnaya konferenciya po Intellekтуал'nye vychislitel'nye tekhnologii i avtomatizaciya, 2016g.]

4 Дж. Пурнама. «Применение системы управления заказами в ресторанах », Семинар Nasional Aplikasi Teknologi Информировует 2018 г., Джокьякарта, 16 июня 2018 г. ISSN: 1907-5022. [Dzh. Purnama «Primenenie sistemy upravleniya zakazami v restoranah », Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informiruet 2018 g., Dzhok'yakarta, 16 iyunya 2018 g. ISSN: 1907-5022.]

5 Н.А. Самсудин. «Настраиваемый бесконтактный заказ еды. Система с обратной связью с клиентами в реальном времени ». 2017 IEEE Симпозиум по беспроводным технологиям и заявкам (ISWTA), 25-28 сентября 2017 г., Лангкави, Малайзия. [N.A. Samsudin, «Nastraivaemyj beskontaktnyj zakaz edy. Sistema s obratnoj svyaz'yu s klientami v real'nom vremeni ». 2017 IEEE Simpozium po besprovodnym tekhnologiyam i zayavki (ISWTA), 25-28 sentyabrya 2017 g., Langkavi, Malajziya.]

6 Gisela T. et al., «Разработка обучения на базе Android. приложение для мобильных устройств », EATIS № 12 Труды 6-й Евроамериканской конференции по телематике и Информационным системам. ISBN: 978-1-4503-1012-3. [Gisela T. et al., «Razrabotka obucheniya na baze Android. prilozhenie dlya mobil'nyh ustrojstv », EATIS № 12 Trudy 6-ya Evroamerikanskaya konferenciya po telematike i Informacionnye sistemy. ISBN: 978-1-4503-1012-3.]

7 Амит Кушва и др., «Геолокационные службы, использующие мобильную операционную систему Android». Международный журнал Достижения в области инженерии и технологий, март 2011 г. (IJAET) ISSN: 2231-1963. [Amit Kushva i dr., «Geolokacionnye sluzhby, ispol'zuyushchie Mobil'naya operacionnaya sistema Android », Mezhdunarodnyj zhurnal Dostizheniya v oblasti inzhenerii i tekhnologij, mart 2011 g. (IJAET) ISSN: 2231-1963.]

8 Шобхит Гоял и Мину Бхати. Дизайн и реализация цифрового заказа в ресторанах с Android. Международная конференция по междисциплинарным исследованиям и практике. 2007 год. ISSN 2321-2705 [SHobhit Goyal i Minu Bhati. Dizajn i realizaciya cifrovogo zakaza v Restoranah s Android. Mezhdunarodnaya konferenciya po mezhdisciplinarnym issledovaniyam i praktike, 207 god. ISSN 2321-2705.]

**С. М. ШАЙЗА, Б. С. ДАРИБАЕВ**

*Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан  
e-mail: seka.alban@mail.ru*

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИЕМА ЗАКАЗОВ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАВЕДЕНИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ ПО ДАННЫМ GPS**

*В статье представлено мобильное приложение (система заказа в заведениях), которое определяет местонахождение пользователя с помощью технологии GPS и, соответственно, отображает меню ближайшего заведения. Этот новый метод становится более удобным для гостей и теперь обеспечивает снижение прямого контакта между людьми во время пандемии. Подходы, изложенные в этом документе, могут быть использованы на мобильных устройствах: внедрить онлайн-режим заказа еды, выбрав ближайшее заведение, используя очень эффективные методы и способы точного определения местоположения заведения с помощью технологии GPS. При этом в целях внедрения системы электронного меню будем реализовывать мобильное приложение под названием «Мэзір.кз».*

**Ключевые слова:** *мобильное приложение, GPS-технологии, онлайн-заказ, электронное меню.*

**S.M.SHAIZA, B. S.DARIBAYEV**

*Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan  
e-mail: seka.alban@mail.ru*

## **OPTIMIZATION OF ORDER ACCEPTANCE WITH THE ABILITY TO IDENTIFY PUBLIC CATERING ESTABLISHMENTS BASED ON GPS DATA**

*The article presents a mobile application (ordering system in establishments), which determines the user's location using GPS technology and, accordingly, displays the menu of the nearest institution. This new method is becoming more convenient for guests and now provides a reduction in direct contact between people during a pandemic. The approaches outlined in this document can be used on mobile devices: implement an online food ordering mode by selecting the nearest restaurant, using very effective methods and ways to accurately determine the location of the restaurant using GPS technology. At the same time, in order to implement the electronic menu system, we will implement a mobile application called «Mazir.kz».*

**Key words:** *mobile application, GPS technology, online ordering, electronic menu.*

---

---

## НЕФТЯНАЯ ОТРАСЛЬ

УДК622.276; 622.279

<https://doi.org/10.47533/2020.1606-146X.89>

**Б. М. НУРАНБАЕВА\*, Т. Н. АСАНОВ**

*УО Каспийский общественный университет (СУ), г. Алматы, Казахстан  
bulbulmold@mail.ru*

### ГИДРОРАЗРЫВ ПЛАСТА КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ

*В статье затрагиваются такие актуальные вопросы, стоящие перед нефтедобывающими компаниями, как растущая потребность в углеводородном сырье и повышение нефтеотдачи, а также такой метод МУН, как гидроразрыв пласта. Кроме этого, упоминается перспективная технология S-BTF (betterthanfracking (лучше, чем фрекинг), использующая принципиально новые для индустрии нефтедобычи физические механизмы, предлагает альтернативный гидроразрыву процесс.*

**Ключевые слова:** *запасы нефти, повышение нефтеотдачи, коэффициент нефтеотдачи, методы повышения нефтеотдачи, гидроразрыв пласта, трудноизвлекаемые запасы.*

Нефть является наиболее важным энергоресурсом в мире, на ее долю приходится более 33% мирового потребления.

По состоянию на 1 января 2019 года чуть меньше 80 процентов доказанных запасов нефти приходится на восемь стран. Из них шесть стран входят в состав ОПЕК и лишь только две (Канада и Россия) не являются членами ОПЕК. Мировым лидером по доказанным запасам является Венесуэла (по большей части за счет тяжелой/битуминозной нефти). Если же брать в расчет только легкую традиционную нефть, то несомненным лидером будут страны Ближнего Востока. В совокупности на них приходится 48,3 процентов доказанных запасов нефти.

Необходимо отметить, что доказанные запасы, принятые в международной классификации, не отражают в целом запасы нефти, которые можно извлечь в длительной перспективе. Доказанные запасы сырой нефти – это оценочное количество нефти, которое по геологическим и инженерным данным может быть извлечено в ближайшем будущем из уже известных залежей, принимая во внимание существующие технологии и текущую экономическую ситуацию. Это только часть более общей ресурсной базы.

Возрастающая мировая потребность в энергии требует более эффективной выработки традиционных ресурсов. Один из способов повышения эффективности является внедрение методов повышения нефтеотдачи, которые позволят улучшить существующие техники добычи (таких, как заводнение) и добавят новые методы извлечения нефти.

---

\* Адрес для переписки. E-mail: bulbulmold@mail.ru



Важность усовершенствования методов извлечения нефти обусловлена тем, что большинство главных месторождений находятся на последней стадии разработки, а нефтедобыча с них снижается примерно на 5 % в год. Кроме того, задачи по нахождению новых залежей становятся всё сложнее, вынуждая искать их в труднодоступных областях – как на суше, так и на море[1].

В последнее время увеличилось количество извлекаемой нефти, что обусловлено технологическими прорывами в бурении и закачивании скважин, которые подарили возможность коммерчески выгодно извлекать нефть с нетрадиционных источников, то есть сланцевую нефть и битуминозную. Однако разработка труднодоступных и нетрадиционных залежей имеет дополнительные риски, что заметно увеличивает себестоимость добычи. В настоящее время большая часть нефти добывается с месторождений, открытых около четверти века назад. Конечный коэффициент нефтеотдачи с данных месторождений составляет примерно 35 %. Это значит, что почти две трети всей нефти остаётся в залежи. Исследования показывают, что, если повысить сегодняшний коэффициент нефтеотдачи хотя бы на 1 %, это увеличит извлекаемые запасы на 88 триллионов баррелей, что эквивалентно трехгодовому объему сегодняшней добычи. Также немаловажным является тот факт, что старые месторождения хорошо изучены с геологической точки зрения, а еще имеют хорошо развитую инфраструктуру, что уменьшает финансовые риски при внедрении новых технологий по увеличению нефтеотдачи.

Оценить эффективность разработки месторождения можно по КИН — коэффициенту извлечения нефти (или нефтеотдаче). КИН вычисляют как отношение извлекаемых запасов к начальным геологическим запасам и рассчитывают на каждом этапе разработки месторождения. Сначала — проектный, основанный на данных геологоразведки о возможных запасах. Здесь учитываются строение коллектора и современный уровень технологий, позволяющий или не позволяющий эффективно работать с имеющимся коллектором. Проектный КИН дает возможность оценить экономическую обоснованность разработки.

В процессе добычи нефти обновляется геологическая модель месторождения, а вместе с ней пересчитывается и проектный КИН. К тому же регулярно отслеживается текущий КИН, равный доле, добытой на определенный момент нефти относительно геологических запасов. Это позволяет соотносить реальность с планами и своевременно менять стратегию освоения месторождения. После того как месторождение переходит в разряд истощенных, и добыча на нем прекращается, подсчитывают окончательный КИН и сравнивают его с проектным. Если проектный КИН достигнут, можно говорить о том, что разработка проведена эффективно.

Среднее значение коэффициента извлечения нефти при традиционных способах добычи не очень сильно изменилось за последние десятилетия. Причину этому, видимо, нужно искать в том, что, несмотря на развитие технологий, нефтяникам приходится иметь дело с ухудшающимися свойствами пластов. Согласно обобщенным данным, КИН при первичных способах разработки (с использованием потенциала пластовой энергии) в среднем не выше 10%, а при вторичных способах (закачке газа для поддержания пластовой энергии) — около 35%. Это среднемировые значения.

Хотя очевидно, что чем больше КИН, тем лучше, добыча нефти может быть рентабельной и при очень небольших коэффициентах. Но в этом случае в пласте остается большое количество неизвлеченной нефти, а это – недополученная прибыль. Ситуация меняется, если в ход идут современные методы увеличения нефтеотдачи (МУН). Их применение позволяет увеличивать КИН в среднем на 7–15% и существенно наращивать извлекаемые запасы нефти на уже открытых месторождениях.

Одним из самых популярных методов увеличения нефтеотдачи сегодня стал гидроразрыв пласта (ГРП, англ. Hydraulicfracturing, fracking), ведущий свою историю также из середины прошлого столетия. Сложно сказать, кому первому в голову пришла идея улучшать связь скважины с пластом за счет его разрыва. Здесь первенство оспаривают советские и американские ученые. Но долгое время этот способ существовал больше в теоретических выкладках, нежели на практике: во времена легкой нефти в нем не было особой нужды. Ситуация изменилась в конце прошлого века, когда ГРП стали активно применять для разработки месторождений с чрезвычайно низкими фильтрационно-емкостными свойствами пластов, включая карбонатные коллекторы. Яркий пример здесь – освоение сланцевых месторождений в Америке, целиком и полностью обязанных своим успехом использованию гидроразрыва [2-3].

Сущность процесса ГРП заключается в нагнетании в пласт жидкости под большим давлением (до 60 МПа). В качестве основы для жидкости ГРП в зависимости от свойств коллектора и применяемых технологий используют пресную или минерализованную воду, углеводородные жидкости («мертвая» нефть, солярка), смеси с добавлением азота, двуокиси углерода, кислоты. Чтобы трещины сразу после снятия давления не смыкались, в них закачивают расклинивающий агент (проппант). Материал проппанта за всю историю развития технологии гидроразрыва неоднократно менялся. Сначала это была молотая ореховая скорлупа, затем кварцевый песок, позднее стали использовать стеклянные или пластмассовые шарики.

Протяженность трещин, образовавшихся после проведения ГРП, может достигать нескольких сотен метров при средней ширине до 5 мм. Они становятся новыми проводниками нефти, значительно улучшая контакт скважины с пластом и расширяя площадь притока жидкости в скважину. В среднем однократный гидроразрыв пласта позволяет увеличить дебит нефтяных скважин в два-три раза. В горизонтальной скважине может быть одновременно проведено несколько гидроразрывов. В этом случае говорят о многостадийном гидроразрыве пласта (МГРП). На сланцевых месторождениях счет стадий в горизонтальных скважинах идет уже на десятки. В общем случае количество стадий определяется исходя из экономической целесообразности и геологических особенностей коллектора.

В настоящее время многостадийный гидроразрыв пласта, пожалуй, единственный проверенный способ разработки месторождений, относящихся к трудноизвлекаемым запасам (ТРИЗ). Сюда входят и месторождения, где фильтрационные свойства пластов не могут обеспечить рентабельные притоки, при применении обычных методов разработки МГРП может дать новую жизнь [4-5].

Кроме этого, перспективным и возможно в будущем прорывным направлением является технология S-VTF (better than fracking (лучше, чем фрекинг), использующая принципиально новые для индустрии нефтедобычи физические механизмы,

предлагает альтернативный фрекингу процесс. Технология обеспечивает создание в горном массиве сланцев густой сети микротрещин, объединяющих поры, содержащие нефть или газ, в единую гидродинамическую систему и придавая массиву сверхпроницаемость. Одновременно в пласте образуется новое давление – энергия движения нефти и газа из пор в добывающие скважины. Таким образом, достигается полное извлечение нефти и газа из пор (SWEPT), обеспечивающее высокие дебиты скважин и в разы более высокий коэффициент извлечения нефти (КИН), в том числе и по уже отработанным скважинам в залежах с «истощёнными» запасами.

Таким образом, технология S-VTF также является экологически безопасной и низкостойимостной, которая в настоящее время становится все более значительным фактором при выборе метода повышения нефтеотдачи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Я.Е. Волокитин, М.Ю. Шустер, В.М. Карпан. Методы увеличения нефтеотдачи и технология АСП, [Metody uvelicheniya nefteotdachi i tekhnologiya ASP, YA. E. Volokitin, M. YU. SHuster, V. M. Karpan]

2 Алварано В., Манрик Э., “Методы увеличения нефтеотдачи пластов. Планирование и стратегии применения”, Technopress Ltd, 2011[Alvarado, V., Manrik, E., “Metody Uvelicheniya Nefteotdachi Plastov. PlanirovaniyeStrategiiPrimeneniya”, Technopress Ltd, 2011]

3 BP Statistical Review of World Energy, 2019.

4 Белоногова Е.А., Патракова Е.П., Иванов В.А. Нестационарное извлечение нефти из заводненного зонально-неоднородного по проницаемости пласта // Нефтепромышленное дело. 2012. [Belonogova E.A., Patrakova E.P., Ivanov V.A. Nestacionarnoe izvlechenie nefiti iz zavodnennogo zonal'no-neodnorodnogo po pronicaemosti plasta // Neftepromyslovoe delo. 2012.]

5 Лысенко В.Д., Грайфер В.И. Разработка малопродуктивных нефтяных месторождений. М.: Недра-Бизнес-центр, 2001.[ Lysenko V.D., Grajfer V.I. Razrabotka maloproduktivnyh neftyanyh mestorozhdenij. M.: Nedra-Biznescentr, 2001.]

#### **Б. М. НУРАНБАЕВА, Т. Н. АСАНОВ**

*УО Каспий қоғамдық университеті (СУ), Алматы қ., Қазақстан*

#### **МҰНАЙБЕРГІШТІКТІ АРТТЫРУ ӘДІСІ РЕТІНДЕ ҚАБАТТЫ ГИДРАВЛИКАЛЫҚ ЖАРУ**

*Мақалада мұнай өндіруші компаниялардың алдында тұрған көмірсутекті шикізатқа деген қажеттіліктің артуы және мұнай бергіштіктің артуы, мұнайды арттырудың әдістерінің қабатты гидравликалық жару әдісіндегі өзекті мәселелер қарастырылады. Сонымен қатар, мұнай өндіру саласы үшін түбегейлі жаңа физикалық механизмдерді қолдана отырып, SBT (better than fracking) (фрекингтен гөрі жақсы) технологиясы гидравликалық жарудың балама процесін ұсынады.*

**Түйін сөздер:** мұнай қорлары, мұнайбергіштікті арттыру, мұнай беру коэффициенті, мұнай бергіштікті арттыру әдістері, қабатты гидравликалық жару, қиын алынатын қорлар.

**B. M. NURANBAYEVA, T. N. ASANOV**

*UO Caspian Public University (CU), Almaty, Kazakhstan*

## **HYDRAULIC FACING AS A METHOD TO INCREASE OIL RECOVERY**

*The article discusses such topical issues as the growing demand for hydrocarbon feedstock and enhanced oil recovery, such a method of EOR as hydraulic fracturing. In addition, the promising S-BTF technology (better than fracking) is included, which uses mechanisms that are fundamentally new for the oil industry and offers an alternative to hydraulic fracturing.*

**Key words:** *Oil reserves, enhanced oil recovery, oil recovery methods, enhanced oil recovery, hydraulic fracturing, hard-to-recover reserves.*

УДК 691.327.332

<https://doi.org/10.47533/2020.1606-146X.90>

**Д. С. ДЮСЕМБИНОВ, Р. Е. ЛУКПАНОВ\*, Д. О. БАЗАРБАЕВ, С. Б. ЕНКЕБАЕВ**

*Научно-производственный центр ЕНУ-Lab, Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан  
rauan\_82@mail.ru*

### **ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ДОБАВОК НА КАЧЕСТВО ГАЗОБЕТОНА**

*Предложен метод производства композиционного газобетона с применением отходов промышленности: золы гидроудаления, послеспиртовой барды. Оценка физико-механических характеристик газобетона, полученного предлагаемой технологией, произведена в сравнении с другими технологиями, в том числе с классической технологией производства. Основными оценочными параметрами являлись: сроки схватывания и марочная прочность вяжущего; прочность, водопоглощение и теплопроводность материала. Полученные результаты испытаний вяжущего показали снижение сроков схватывания и увеличение прочности предлагаемого газобетона по сравнению с другими, сравниваемыми образцами. Полученные результаты водопоглощения предлагаемого газобетона показали минимальные значения, а прочности – максимальные (по сравнению с другими технологиями), что свидетельствует о положительном эффекте синергизма, то есть усилении качеств материала в результате взаимной работы послеспиртовой барды и полимерного компонента в составе материала. Однако результаты теплопроводности предлагаемого газобетона показали значения ниже классического, что свидетельствует о том, что применение добавок модификаторов не может быть хорошим решением для их использования в качестве улучшения физико-механических свойств газобетонов, конструктивно относящихся к теплоизоляционным. В целом, результаты водопоглощения, прочности и теплопроводности показали более устойчивые результаты (по сравнению с другими технологиями), с минимальным разбросом данных, что косвенно подтверждает лучшую однородность предлагаемого газобетона.*

**Ключевые слова:** газобетон, водопоглощение, теплопроводность, строительные материалы, лабораторные испытания.

**Введение.** Известно, что применение отходов промышленности в строительстве направлено на решение двух значимых задач: первое – это снижение экологической нагрузки и второе – это получение дешевого сырья. Однако нужно помнить, что замещение стандартных классических ингредиентов материалов на отход может отразиться на качественных показателях материала [1]. Причиной не удовлетворяющих критериям качества результатов может служить погрешность в количестве сырья, то

---

\* Адрес для переписки. E-mail: [rauan\\_82@mail.ru](mailto:rauan_82@mail.ru)

есть замещаемого отхода, который даже при незначительном изменении количества снижает качественные показатели материала. Такие последствия вызвали скептическое отношение строительного рынка к применению отходов промышленности в производстве строительных материалов [2].

Легкий бетон делится на легкий бетон с легким заполнителем и ячеистый бетон, плотность которого снижается за счет воздушных пор в структуре бетона. Ячеистый бетон в свою очередь делится на пенно- и газобетон, отличие данных материалов заключается в образовании поровой структуры. Пенобетон образует поровую структуру за счет введения пены, которая образует готовые замкнутые поры, тогда как газобетон образует поровую структуру за счет введения в раствор газообразователя (алюминиевую пудру или перекись водорода). При применении алюминиевой пудры с цементным вяжущим и щелочами происходит газовыделение в атмосферу, выделяется водород, который, проходя через структуру раствора, образует поровую структуру. При применении перекиси водорода (пергидроль от 28 до 38%) в бетонном растворе выделяется кислород (от взаимодействия с цементным вяжущим), который также устремляется на поверхность, образуя сообщающиеся поры. Зола в автоклавном газобетоне имеет широкое распространение среди производителей всего мира, так как при использовании автоклава применение золы гарантирует хорошие результаты качественных характеристик [3], [4]. Однако применение автоклава удорожает процесс производства и, как следствие, увеличивает себестоимость материала. Данные проблемы определили цель данной научной работы: раскрыть эффективность комплексного применения отходов промышленности (золы гидроудаления, послеспиртовой барды) и полимерного компонента в производстве композиционного газобетона.

Сравнения результатов лабораторных исследований проведены для четырех типов газобетона:

Тип 1: традиционный газобетон без добавок

Тип 2: традиционный газобетон с добавкой модификатором

Тип 3: композиционный газобетон без добавок

Тип 4: композиционный газобетон с добавкой модификатором

Было принято решение провести сравнения традиционного и композиционного газобетона с применением добавки модификатора и без, для оценки эффекта синергизма взаимного усиливающего воздействия золы, послеспиртовой барды и полимерного компонента (ПВА) на свойства материала.

## **2. Методология исследования.**

Из большого спектра имеющихся отходов были выделены основные компоненты добавок, которые в первую очередь могли быть пригодны для производства газобетона, в точности: отходы теплоэлектростанций – зола гидроудаления, а также отход спиртового производства – послеспиртовая барда. Состав компонентов, сравниваемых контрольных образцов был подобран из условия получения газобетона плотностью  $600 \text{ кг/м}^3$  (D600). Количественный состав контрольных образцов представлен в таблице 1.



Таблица 1 – Состав сравниваемых типов газобетона

№	Тип газобетона	Цемент, кг	Песок, кг	Газообразователь, г	ПВА, кг	Каустическая сода, г	Вода, л		Зола гидроудаления, кг	После спиртовая барда, л
1	Тип 1	270	350	350 г	-	500	152	10		
2	Тип 2	216	350		-	-	130	10	51	45
3	Тип 3	270	350		1,5	-	103	7	-	-
4	Тип 4	216	350		1,5	-	83	7	51	45

При производстве газобетона типа 1 и 3 (без использования добавки модификатора) смешивание ингредиентов производят в смесителе в технологической последовательности, с соблюдением количественной пропорций ингредиентов, согласно таблице 1. При производстве газобетона типа 2 и 3 (с использованием добавки модификатора) приготовление газообразователя производят в диспергаторе. В качестве диспергатора применялся роторно-пульсационный аппарат (РПА). Основными факторами, которые определяют процесс эмульгирования в диспергаторе типа РПА, являются давление (0,5-1,0 МПа) и центробежное воздействие (частота вращения ротора ~1200 об/мин). Эти факторы обуславливают возникновение в роторно-пульсационном аппарате высокочастотных колебаний, сопровождающихся кавитацией и гидродинамическими процессами, тем самым позволяют получить качественную эмульсию и омыленный газообразователь. Технологическая последовательность производства газобетона предложенным методом представлена на рисунке 1.

До начала схватывания газобетон вспучивается, после чего с поверхности формы снимаются излишки впеченного материала до уровня формы. Через 20-24 часа газобетон снимают с опалубки и распиливают на шаблоне.

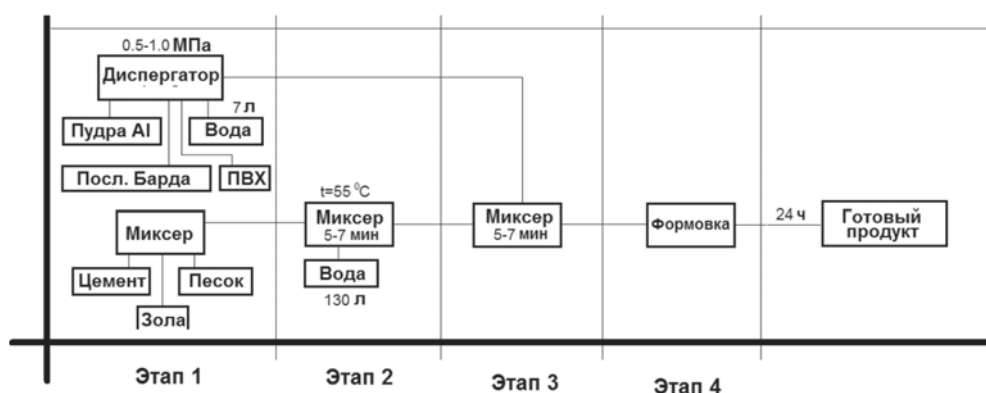


Рисунок 1 – Технология производства модифицированного газобетона

Методологическая последовательность лабораторных исследований характеристик контрольных образцов 4-х типов для дальнейшего проведения сравнительного анализа:

- Определение состава отходов промышленности методом химического анализа для оценки их пригодности в цементном вяжущем;
- Оценка взаимодействия добавки модификатора с цементным вяжущим (сроки схватывания, марочная прочность вяжущего) для оценки эффективности взаимодействия цемента с отходами промышленности;
- Определение физико-механических свойств (прочность, водопоглощение, теплопроводность) для сравнительного анализа разных типов газобетона.

Для оценки прочности и водопоглощения материала были использованы стандартные образцы кубической формы, размерностью: 10x10x10 см (длина, ширина, высота), отобранных непрерывно по длине и ширине газобетонного блока. Для оценки теплопроводности материала использованы образцы стандартного размера, отобранные с шагом 4 см по высоте образца заводского размера. Резка цилиндрических и стандартных образцов осуществлялась струнной резкой на максимальных оборотах, для снижения риска нарушения структуры материала. Перед испытаниями каждый элемент образца был промаркирован [5]-[12].

### 3. Результаты испытаний.

**Сроки схватывания.** Испытания проведены методом испытаний с использованием полифракционного песка, расфасованного по 1350 грамм. Испытания проведены для использованного в производстве контрольных образцов цемента, марки ПЦ 400 Д0. Сравнительные испытания образцов цемента для газобетона типа 1 и типа 3 проведены без добавок, а типа 2 и типа 4 с добавками модификаторами, составляющими 20% от массы цемента (Рисунок 2).

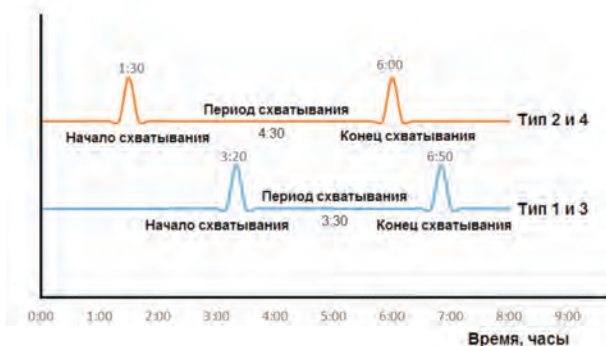


Рисунок 2 – Результаты испытаний сроков схватывания цемента

Согласно результатам испытаний наблюдается снижение сроков схватывания образцов с добавкой модификатором на 55% в сравнении с образцами без добавок. Конец схватывания, после которого происходит твердение материала снижается на 12,2% несмотря на то, что абсолютное значение длительности периода схватывания у образцов с добавками увеличивается на 28,5%.

Снижение сроков схватывания образцов с использованием добавок модификаторов (тип 2 и 4) может быть связано с наличием в составе вяжущего вещества золы, имеющей высокую щелочную среду, которая способствует быстрому схватыванию.

Снижение сроков схватывания также может быть обосновано уменьшением количества воды, которое достигается пластифицирующим эффектом послеспиртовой барды, однако наличие поверхностно активных веществ замедляет процесс твердения, что отражается на длительности периода схватывания у образцов типа 2 и 4.

**Марочная прочность цемента.** На рисунке 3 представлены результаты изменений прочности сравниваемых вяжущих (с применением и без добавки). Анализируя частные значения в пределах каждого типа образца, можно заключить, что полученные частные значения прочностных характеристик испытываемого материала достоверны, поскольку среднеквадратичное отклонение частных значений прочности составляет: для типа 1 и 3 – от 7,44 до 18,73, для типа 2 и 4 – 4,56 до 8,71. При этом коэффициент вариации составляет: для типа 1 и 3 – от 2,04 до 10,71%; для типа 2 и 4 – от 1,21 до 3,04 %.

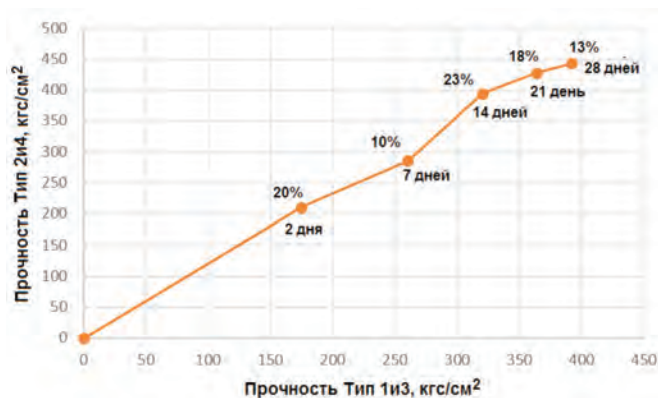


Рисунок 3 – Результаты испытаний марочной прочности

Согласно результатов испытаний, представленных на рисунке 3, максимальная средняя прочность контрольных образцов без добавки составляет 392,16 кгс/см<sup>2</sup> (28 суток), тогда как средняя прочность контрольных образцов с использованием добавки составляет 443,16 кгс/см<sup>2</sup>. У образцов с использованием добавок модификаторов на вторые сутки наблюдается увеличение прочности на 20% относительно образцов без добавок. На 28 суток тенденция увеличения прочности сохраняется, но снижается до 13 % относительно двухдневной прочности. В любом случае наблюдается положительный эффект увеличения прочности образцов с использованием добавки.

**Водопоглощение.** На рисунке 4 представлены результаты испытаний контрольных образцов на водопоглощение. Частные значения плотности контрольных образцов в сухом состоянии типа 1 варьируются в пределах от 613 до 622 г/см<sup>3</sup>, а среднее значение плотности составляет 617,8 г/см<sup>3</sup>, что соответствует среднему пределу марки газобетона D600. При этом квадратичное отклонение частных значений составляет 2,94, что свидетельствует о тесной связи частных значений всех образцов между собой. Коэффициент вариации не превышает 0,47 %, что свидетельствует о незначительных отклонениях частных значений от среднего значения плотности. Частные значения плотности контрольных образцов в водонасыщенном состоянии типа 1 варьируются

от 787 до 811 г/см<sup>3</sup>, при этом среднее значение составляет 800,2 г/см<sup>3</sup>. Квадратичное отклонение частных значений составляет 8,10, а коэффициент вариации – 1,01 %, что свидетельствует тесной связи частных значений и незначительных их отклонениях от среднего значения плотности образцов в водонасыщенном состоянии.

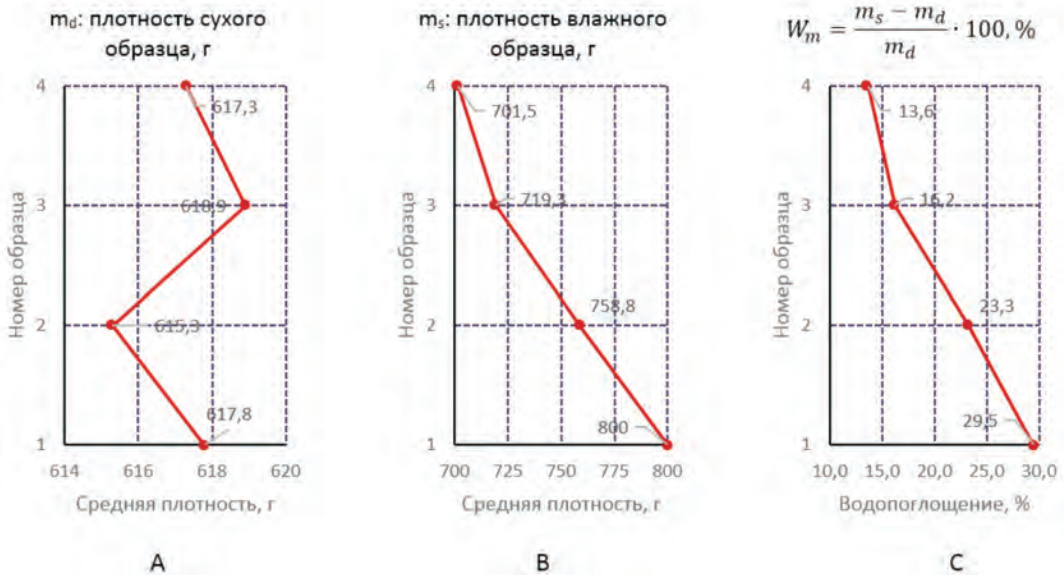


Рисунок 4 – Результаты испытаний на водопоглощение

Водопоглощение образцов типа 1 имеет наибольшее значение, равное 29,5%, тогда как наименьшее водопоглощение наблюдается у образцов типа 2 – 13,6%. Большое значение водопоглощения типа 1 может быть обосновано наличием каустической соды, которая применяется в качестве омылителя алюминиевой пудры [13]. Поскольку каустическая сода является щелочью, то при взаимодействии с цементным вяжущим происходит шелушение скелета, тем самым увеличивается абсорбция материала и проникновение воды в рыхлую структуру скелета. Вторым фактором может служить большое количество микропор скелета, поскольку технология производства материала по типу 1 требует большого водоцементного отношения по сравнению с другими сравниваемыми типами.

**Прочность на сжатие.** Кубиковая прочность газобетона на сжатие определялась по контрольным образцам, по истечению 28 суток, после их изготовления. На рисунке 5А показаны частные значения прочности 6 опытных образцов типа 1, на рисунке 5В – типа 2, на рисунке 5С – типа 3, на рисунке 5D – типа 4, а на рисунке 5Е представлены сравнения средних значений кубиковой прочности.

Образцы типа 1 показали наименьшую прочность, в процентном соотношении меньше на 9 % по сравнению с типом 2, на 47 % меньше типа 3 и на 59 % меньше типа 4. При этом частные значения прочности варьируются от 3,27 до 3,59 МПа. Статистический анализ показал среднюю связь частных значений прочности: коэффициент вариации не превышает 27% при квадратичном отклонении 0,94.

Образцы типа 2 показали прочность, превышающую прочность образцов типа 1, на 9 %, но на 35% меньше чем прочность образцов типа 3 и на 46 % меньше образцов типа 4. Частные значения прочности варьируются от 3,54 до 3,92 МПа. При этом связь частных значений имеет большую связь по сравнению с типом 1: коэффициент вариации не превышает 18% при квадратичном отклонении 0,68.

Образцы типа 3 показали прочность, превышающую прочность образцов типа 1, на 47%, типа 2 на 35%, но на 8% меньше чем прочность образцов типа 4. Частные значения прочности варьируются от 4,94 до 5,23 МПа. При этом связь частных значений имеет большую связь по сравнению с типом 1 и типом 2: коэффициент вариации не превышает 15% при квадратичном отклонении 0,80.

Образцы типа 4 показали наибольшую прочность, превышающую прочность образцов типа 1, на 59%, типа 2 на 46%, типа 3 на 8%. Частные значения прочности варьируются от 5,43 до 5,69 МПа. У образцов типа 4 наблюдается наиболее тесная связь частных значений, имеют большую связь по сравнению с другими сравниваемыми типами: коэффициент вариации не превышает 10% при квадратичном отклонении 0,58.

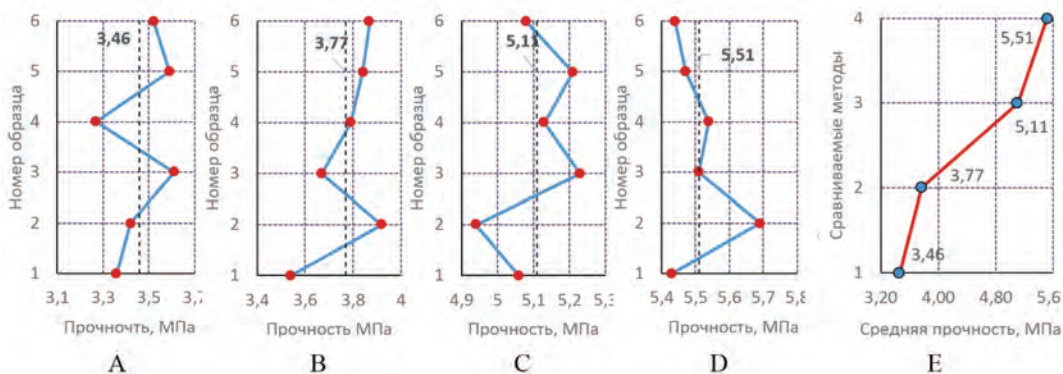


Рисунок 5 – Результаты испытаний кубиковой прочности на сжатие

Также, сравнивая коэффициенты вариации, можно заключить, что наиболее стабильные результаты, с наименьшим разбегом данных наблюдаются у образцов типа 3 и 4, наименьшая стабильность – у образцов типа 1 и 2. Поэтому можно сделать предположение, что именно качество газообразователя (как состав, так и технология приготовления) играет существенную роль в однородности материала. Именно однородность материала оценивается в данном случае, поскольку все 6 образцов по каждому типу отобраны из одной партии производства.

В целом, сравнивая средние значения прочности 4-х типов, можно заключить, что наименьшее значение прочности наблюдается у образцов типа 1 (3,46 МПа), а наибольшие у образцов типа 4 (5,51 МПа). Вероятной причиной увеличения прочности образцов типа 3 и 4 относительно образцов типа 1 и 2 может быть использование полимерного компонента, который способствует усилению поровой структуры скелета газобетона, а именно стенок пор (за счет снижения микропор), а приме-



нение добавки модификатора усиливает стенки пор за счет пластифицирующего эффекта.

**Теплопроводность.** Испытания стандартных образцов на эффективную теплопроводность (ЕТС) проводились по истечению 28 суток после их изготовления. На рисунке 6 представлены результаты испытаний в табулированном виде, с представлением средних значений теплопроводности всех 4-х типов, а также в графическом виде для визуализации сравнения. На рисунке 6А показаны сравнения частных значений теплопроводности опытных образцов типа 1 с типом 4, на рисунке 6В – сравнения типа 2 и типом 4, на рисунке 6С – типа 3 с типом 4.

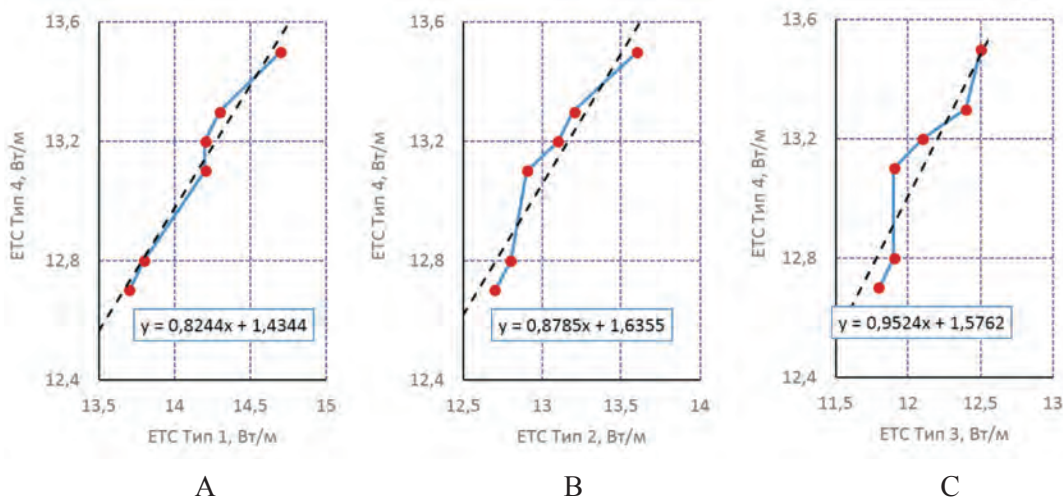


Рисунок 6 – Результаты испытаний эффективной теплопроводности

Сравнивая связь частных значений в рамках каждого типа газобетона, можно заключить, что частные значения всех сравниваемых типов имеют небольшой разбег относительно друг друга, о чем свидетельствуют квадратичные отклонения частных значений от средних, а также коэффициенты вариаций: для типа 1 квадратичное отклонение составляет 0,36, а коэффициент вариации 2,55%; для типа 2 – 0,37 и 2,51 соответственно; для типа 3 – 0,29 и 2,39; для типа 4 – 0,30 и 2,31. Сравнивая коэффициенты вариации всех типов можно сделать вывод, что тип 1 и тип 2 имеют относительно близкие значения между собой, также как и тип 3 и 4. Тем не менее, тип 1 и 2, имеют небольшое расхождение с типом 3 и 4, что может косвенно свидетельствовать о более однородной структуре типа 3 и 4 по отношению к типу 1 и 2. Как утверждалось и ранее, причиной однородности материала заключается в качестве газообразователя.

В целом, результаты теплопроводности газобетона с добавкой модификатором (тип 3 и 4) показали значения ниже классического (тип 1) на 8-16%, что свидетельствует о неэффективности совместного применения композиционного газобетона с добавкой модификатором в газобетонных материалах теплоизоляционного назначения. Таким образом, применение добавок модификаторов не может быть хорошим



решением для их использования в качестве улучшения физико-механических свойств газобетонов, конструктивно относящихся к теплоизоляционным, то есть газобетонам, плотностью D300 – D 500.

**Выводы:**

- Технологической особенностью предлагаемого производства газобетона является комплексное использование золы, полимерного компонента и послеспиртовой барды. Наличие в составе золы способствует ускорению сроков схватывания материала в комплексе с послеспиртовой бардой, которая является пластификатором, позволяет снизить водоцементное отношение. Полимерный компонент (ПВА), являющийся поверхностно активным веществом (омылителем), при правильном соотношении проявляет свойства пластификатора, способствует увеличению прочностных характеристик материала, улучшает прочность и стойкость (гидрофобная пленка) скелета газобетона.
- Результаты испытаний вяжущего 4-х типов газобетона показали положительный эффект использования добавок модификаторов. У образцов с использованием добавок сроки схватывания сократились на 55 % в сравнении с образцами без добавок. Несмотря на то, что поверхностно активные вещества замедляют процесс твердения, общая длительность периода схватывания уменьшается на 12,2%.
- Результаты испытаний марочной прочности показали общую тенденцию увеличения прочности образцов с добавками в сравнении с образцами без добавок, которое на 28 сутки, после их изготовления, составляет 13%. При этом максимальное увеличение прочности наблюдается на 2 и 14 сутки после их изготовления, равное 20 и 23 %.
- Результаты испытаний на водопоглощение показали, что традиционный газобетон имеет наибольший показатель водопоглощения, превышающий в 2 раза водопоглощение предлагаемого газобетона. Наименьший показатель водопоглощения у образцов предлагаемого газобетона. Если рассмотреть композиционный газобетон в комплексе с добавкой модификатором, то мы видим снижение водопоглощения: на 53,7% от традиционного газобетона без добавок, на 41,5% от традиционного с применением добавок модификаторов и на 15,9% от композиционного газобетона без добавок.
- Результаты кубиковой прочности образцов на сжатие показали, что максимальная прочность образцов наблюдается у предлагаемого газобетона, который превышает: на 59% традиционный газобетон без добавок, на 46% традиционный с добавками, на 8% композиционный без добавок.
- Результаты испытаний теплопроводности показали, что газобетон с добавкой модификатором снижает показатели теплопроводности материала на 8-16% по сравнению с классическим газобетоном.
- Статистический анализ, который сопровождал все проведенные испытания выявил стабильность результатов образцов с использованием добавок модификаторов. То есть, диапазон частных значений в пределах каждого типа испытаний был наименьшим именно у образцов с применением добавок. Полученные статисти-

ческие показатели могут отражать информацию об однородности материала, то есть, чем больше разбег данных, тем меньше степень однородности материала.

- В целом полученные результаты подтверждают ожидаемый эффект синергизма, когда компоненты добавки модификатора в комплексе дополняют и усиливают эффективность работы друг друга в равнении с работой по отдельности. Эффект синергизма не был достигнут при оценке теплопроводности, из чего можно сделать вывод о неэффективности совместного применения композиционного газобетона с добавкой модификатором в газобетонных материалах теплоизоляционного назначения.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Silva, R. V., de Brito, J., Dhir, R.K. Use of recycled aggregates arising from construction and demolition waste in new construction applications. 236. Elsevier Ltd, 01-11-2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117629>

2 Sormunen, P., Kärki, T. Recycled construction and demolition waste as a possible source of materials for composite manufacturing. *Journal of Building Engineering*. 2019. 24. Pp. 100742. DOI:10.1016/j.job.2019.100742. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352710218309641>. (1.02.2021).

3 Herath, C., Gunasekara, C., Law, D.W., Setunge, S. Performance of high volume fly ash concrete incorporating additives: A systematic literature review. *Construction and Building Materials*. 2020. 258. Pp. 120606. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2020.120606. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061820326118> (1.02.2021).

4 Pedersen, K.H., Jensen, A.D., Skjøth-Rasmussen, M.S., Dam-Johansen, K. A review of the interference of carbon containing fly ash with air entrainment in concrete. 34(2). Pergamon, 01-04-2008. <https://doi.org/10.1016/j.peccs.2007.03.002>

5 ГОСТ 25485-2019 Бетоны ячеистые. Общие технические требования.

6 EN 771-4:2011 + A1:2015 specification for masonry units – Part 4: Autoclaved aerated concrete masonry units.

7 ГОСТ 12730.1-78: Бетоны. Методы определения плотности.

8 EN 772-1:2011 + A1:2015 Methods of test for masonry units – Part 1: Determination of compressive strength.

9 ГОСТ 12730.3-78: Бетоны. Методы определения водопоглощения.

10 EN 15304 Determination of the freeze-thaw resistance of autoclaved aerated concrete.

11 ГОСТ 10180-2012: Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.

12 Narattha, C., Thongsanitgarn, P., Chaipanich, A. Thermogravimetry analysis, compressive strength and thermal conductivity tests of non-autoclaved aerated Portland cement–fly ash–silica fume concrete. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2015. 122(1). Pp. 11–20. DOI:10.1007/s10973-015-4724-8. <http://link.springer.com/10.1007/s10973-015-4724-8>. (1.02.2021).

13 Halyushev, A., Holodnyak, M., Nazhuyev, M. Effect of caustic soda on the intensity of gassing in the production of non-autoclaved aerated concrete. *MATEC Web of Conferences*. 2017. 129. Pp. 05012. DOI:10.1051/mateconf/201712905012. <http://www.matec-conferences.org/10.1051/mateconf/201712905012>. (1.02.2021).

**Д. С. ДЮСЕМБИНОВ, Р. Е. ЛУКПАНОВ, Д. О. БАЗАРБАЕВ, С. Б. ЕНКЕБАЕВ**

*Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің ЕНУ-Lab ғылыми-өндірістік орталығы, Нұр-Сұлтан, Қазақстан*

### **ТҮРЛЕНДІРІЛГЕН ҚОСПАЛАРДЫҢ ГАЗДЫ БЕТОН САПАСЫНА ӘСЕРІН БАҒАЛАУ БОЙЫНША ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР**

Өнеркәсіптік қалдықтарды қолдана отырып, композициялық газды бетон өндіру әдісі ұсынылады: гидро арылту күлі, спирттен кейінгі барда. Ұсынылған технологиямен алынған газды бетонның физикалық және механикалық сипаттамаларын бағалау басқа технологиялармен, соның ішінде классикалық өндіріс технологиясымен салыстырғанда жүргізілді. Негізгі бағалау параметрлері: қатаю уақыты және байланыстырғыштың маркалық беріктігі; материалдың беріктігі, судың сіңуі және жылу өткізгіштігі. Тұтқырды сынаудың нәтижелері басқа үлгілермен салыстырғанда ұсынылған газды бетонның қатаю мерзімінің төмендеуін және беріктігінің жоғарылауын көрсетті. Ұсынылған газлы бетонның суды сіңіру нәтижелері минималды мәндерді көрсетті, ал беріктігі максималды (басқа технологиялармен салыстырғанда), бұл синергизмнің оң әсерін, яғни спирттен кейінгі барда мен полимер компонентінің өзара жұмысы нәтижесінде материал сапасының жоғарылауын көрсетеді. Алайда, ұсынылған газды бетонның жылу өткізгіштік нәтижелері классикалықтан төмен мәндерді көрсетті, бұл модификатор қоспаларын қолдану оларды жылу оқшаулағышқа құрылымдық тұрғыдан байланысты газдалған бетондардың физика-механикалық қасиеттерін жақсарту ретінде пайдалану үшін жақсы шешім бола алмайтындығын көрсетеді. Жалпы алғанда, су сіңіру, беріктік және жылу өткізгіштік нәтижелері неғұрлым тұрақты нәтижелер көрсетті (басқа технологиялармен салыстырғанда), мәліметтердің минималды шашырауы, бұл ұсынылған газды бетонның жақсы біркелкілігін жанама түрде растайды.

**Түйін сөздер:** газдалған бетон, су сіңіру, жылу өткізгіштік, құрылыс материалдары, зертханалық сынақтар.

**DUMAN S. DUSEMBINOV, RAUAN E. LUKPANOV, DANIYAR O. BAZARBAYEV,  
SERIK B. YENKEBAYEV**

*Scientific and industrial center ENU-Lab, L.N. Gumilyov Eurasian National University,  
Nur-Sultan, Kazakhstan*

### **LABORATORY STUDIES TO ASSESS THE EFFECT OF MODIFIED ADDITIVES ON THE QUALITY OF AERATED CONCRETE**

*The proposed method of production of composite aerated concrete using industrial wastes: ash from hydrotreatment, post-alcoholic bard. The evaluation of physical and mechanical properties of gas concrete produced by the proposed technology is made in comparison with other technologies, including the classical production technology. The basic estimated parameters, were: terms of setting and strength of a binder; durability, water absorption and thermal conductivity of a material. The obtained test results of the binder showed a decrease in the setting time and an increase in the strength of the proposed aerated concrete compared with other, compared samples. The obtained results of water absorption of the proposed aerated concrete showed minimum values, and the strength - maximum (compared with other technologies), which indicates a positive synergy effect, i.e. strengthening the qualities of the material as a result of mutual work of the post-alcoholic bard and polymer component in the composition of the material. However, the results*

*of the thermal conductivity of the proposed aerated concrete showed values lower than the classical one, indicating that the use of modifier additives cannot be a good solution for improving the physical and mechanical properties of gas concrete structurally related to thermal insulation. In general, the results of water absorption, strength and thermal conductivity showed more consistent results (compared to other technologies), with minimal variation in the data, which indirectly confirms the better homogeneity of the proposed gas concrete.*

**Key words:** *aerated concrete, water absorption, thermal conductivity, building materials, laboratory tests.*

УДК 502/504(035:3):543.068:681.3  
<https://doi.org/10.47533/2020.1606-146X.91>

**A. A. AIDOSSOV<sup>1\*</sup>, G. A. AIDOSSOV<sup>2</sup>, R. Y. BAYAMIROVA<sup>3</sup>, A. R. TOGASHEVA<sup>3</sup>,  
A. T. ZHOLBASSAROVA<sup>3</sup>, M.D. SARBOPEYEVA<sup>3</sup>, M.D. URAZGALIYEVA<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan*

<sup>2</sup>*KazMunayGas Aimak, Kazakhstan*

<sup>3</sup>*Department of Petroleum and Chemical Engineering, Sh. Yesenova, Aktau, Kazakhstan*

<sup>4</sup>*Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan*

### **ESTIMATION OF THE ENVIRONMENTAL CONDITION OF THE INDUSTRIAL REGION AT POLLUTION BY ACTIVE IMPURITIES**

*The paper uses the method of economic, environmental and mathematical modeling. The management methods that are most effective in terms of “environmental” and “production” criteria are selected. This selected most effective method of management is not an easy task. It is proposed to use the method of economic, environmental and mathematical modeling on a computer to solve it. The results of this simulation can be used in decision-making in the fields of ecology, health, industry medicine, investment planning, urban planning, and other areas of industry.*

**Key words:** *harmful substances, emissions into the atmosphere, distribution of impurities, economic-ecological-mathematical method, mathematical modeling, control method.*

Using the method of economic-environmental-mathematical modeling, we will choose the methods of management that are most effective from the point of view of “environmental” and “production” criteria.

The process of distribution of impurities from sources located in a limited three-dimensional region with several industrial enterprises that produce emissions of harmful substances into the atmosphere is described by the equation of turbulent diffusion, considering sources of emissions as point and within the region.

The choice of management methods that are most effective from the point of view of «environmental» and «production» criteria is a difficult task, the solution of which is hardly possible without using the method of economic, environmental and mathematical modeling on a computer.

The results of such modeling can be used in decision-making in the fields of ecology, health, industry medicine, investment planning, urban planning and so on.

---

\* Адрес для переписки. E-mail: [allayarbek@mail.ru](mailto:allayarbek@mail.ru)

Let the concentration of harmful substances ( $q$ ) be determined by some function  $q(\bar{x}, \bar{p})$  that depends on  $\bar{x}$  - the coordinate vector of the territories and  $\bar{p}$  - the parameter vector, then the model is defined as

$$q(\bar{x}, \bar{p}) = a_0 + \sum_{i=1}^m a_i \cdot x_i + \sum_{j=1}^m a_j \cdot p_j, \quad (1)$$

where:  $m$  - number of parameters (the user chooses independently);  $a_{ij}$  - model coefficients;  $a_0$  - free member.

Thus, an algebraic model is constructed that serves to construct the final model in the next stage.

When constructing the so-called finite model, a template is used

$$q(t_{+1}, x_0, y_0) = c_0 + c_1 \cdot q(t_0, x_0, y_0) + c_2 \cdot q(t_{-1}, x_0, y_0) + c_3 \cdot q(t_{-2}, x_0, y_0) + c_4 \cdot q(t_0, x_{-1}, y_0) + c_5 \cdot q(t_0, x_{+1}, y_0) + c_6 \cdot q(t_0, x_0, y_{-1}) + c_7 \cdot q(t_0, x_0, y_{+1}), \quad (2)$$

where  $q(t_i, x_j, y_k)$  - The value of impurity concentrations at a point with coordinates  $x_j, y_k$  is determined as follows: ( $j, k = -1, 0, +1$ ), ( $i = -2, -1, 0, +1$ ).

As a result of the calculation, an interpolation model of the following type

$$q(t_{+1}, x_0, y_0) = -0,19 + 25,20 \cdot q(t_0, x_0, y_0) + 0,026 \cdot q(t_{-1}, x_0, y_0) - 0,08 \cdot q(t_{-2}, x_0, y_0) - 0,657 \cdot q(t_0, x_{+1}, y_0) - 0,657 \cdot q(t_0, x_0, y_{-1}) - 9,12 \cdot q(t_0, x_0, y_{+1}). \quad (3)$$

This model allows you to make a forecast for the growth (decrease) in the level of air pollution in the surrounding areas. So, the definition of the magnitude of the man-caused load is based on the value of the total pollution index

$$Z = K_k \cdot (N - 1), \quad (4)$$

where  $N$  - the number of elements involved in the calculations (here  $N = 2$ , since the indicator is carbon monoxide);  $K_k$  - concentration coefficient, which is determined by the formula

$$K_k = \frac{C_p}{C_n}, \quad (5)$$

$C_p$  - calculated average pollution level;  $C_n$  - background content.

Then  $K_k = \frac{3721,69}{1102,21} = 3,37$ .  $Z = 3,37$  This indicator on the assessment scale of pollution indicates that there is an increase in the overall incidence with exacerbations and chronic changes in the population due to the high level of contamination.

Let the region in question be located in a limited three-dimensional region  $D = \sum [O, H]$  and on its territory there are  $n$  industrial enterprises producing emissions of harmful substances into the atmosphere.



Without loss of generality, we will consider emission sources as point and within the region. To describe the propagation of impurities from these sources, we use the linear equation of turbulent diffusion

$$L_{\varphi} = \frac{d\varphi}{dt} + \text{div}\bar{U}_{\varphi} + \delta\varphi - \frac{\partial}{\partial z} \vartheta \frac{\partial\varphi}{\partial z} - \mu, \varphi = \varphi_0(\bar{x}, t) + \sum_{m=1}^n Q_m, \quad (6)$$

With the boundary and initial conditions

$$\vartheta \frac{d\varphi}{dz} + \beta\varphi = 0, \quad (7)$$

$$\vartheta \frac{d\varphi}{dz} = 0, \quad (8)$$

$$\varphi|_s = \varphi_s(\bar{x}, t), \quad (9)$$

$$\varphi|_{t=0} = \bar{\varphi}_0(\bar{x}). \quad (10)$$

where  $\varphi(\bar{x}, t)$  - impurity concentration at the point  $\bar{x} \in D$  at time  $t \in [0, T]$ ;  $\bar{U} = (U, V, W)$  - vector of wind speed;  $\Delta = \text{div}_s \mu \text{ grad}_s \mu \vartheta$  - coefficients of horizontal and vertical diffusion;  $\sigma(\bar{x}, t)$  - a function that describes the rate of change of impurities due to chemical transformation;  $\beta$  is a coefficient characterizing the interaction of impurities with the underlying surface;  $\varphi_s(\bar{x}, t), \bar{\varphi}_0(\bar{x})$  - the concentration of impurities on the  $S$ -side surface of the domain  $D$  and at the initial instant of time;  $\bar{\varphi}_0(\bar{x})$  - a known function describing unorganized sources of emissions,  $Q_m$  - initial power of the source emission,  $m = 1, \bar{n}$ .

We assume that the initial and boundary conditions (7) - (10), the wind speed  $U$ , the coefficients of the turbulent exchange are given and we shall consider the «integral» concentration model. Suppose, in addition, that the coefficients in (7) - (10) and the operator  $\delta$  do not depend on the desired solution.

We introduce the following notation:  $\bar{e} = (e_1, e_2, \dots, e_n)$  is a vector of the component's size that describes the relative decrease in the intensity of the ejection from the  $i$  source,  $0 \leq e_i \leq E_i$ ;  $E_i$  - the maximum of the relative decrease in the emission intensity from the  $i$  source,  $i = 1, \bar{n}$ .

Because of the linearity of the model (7) - (10), the concentration of impurities at the point after the decrease in emission intensity is determined by the formula [1]:

$$\varphi(\bar{x}, t, \bar{e}) = \sum_{m=1}^n Q_m (1 - e_m) \varphi_m(\bar{x}, t) + \varphi_0(\bar{x}, t), \quad (11)$$

where  $\varphi_m(\bar{x}, t)$  - task set solution.

$$L\varphi_m(\bar{x}, t) = \delta(\bar{x} - \tau_m), \quad E\varphi_m(\bar{x}, t) = 0 \quad \vartheta \frac{\partial\varphi_m}{\partial Z} = 0 \quad \text{at } z = 0, H \quad (12)$$

$$\varphi_m(\bar{x}, t)|_{t=0} = 0 \quad \varphi_m(\bar{x}, t)|_s = 0 \quad m = 1, n$$

and the function  $\varphi_0(\bar{x}, t)$  satisfies the problem  $L\varphi_0(\bar{x}, t) = \varphi_0(\bar{x}, t) \quad E\varphi_0(\bar{x}, t) = 0, \quad \vartheta \frac{\partial\varphi_0}{\partial Z} = 0$  at  $z=0, H$   $\varphi_0|_s = \varphi_s(\bar{x}, t), \quad \varphi_0|_{t=0} = \bar{\varphi}_0(\bar{x})$ . (13)

The averaging interval  $T$  can be of different magnitude depending on the specific circumstances, for example: year, season.

Denote the averaged impurity concentrations by  $g(\bar{x}, t)$  and define them as

$$g(\bar{x}, t) = \sum_{m=1}^n Q_m (1 - e_m) d_m(\bar{x}) + d_0(\bar{x}) \quad (14)$$

where  $d_m(\bar{x}) = \int_0^T \varphi_m(\bar{x}, t) dt / T, \quad m = \overline{0, n}$

We find the solutions of problems (11) - (13) with the help of the finite element method. For the numerical integration of these problems in  $D$ , we introduce a net domain

$$D^n = \sum^n x W_z^n, \quad \sum^n = W_x^n x W_y^n,$$

where  $W_\alpha^n (\alpha = x, y, z)$  - grid in the  $x, y, z$  coordinate direction in increments of  $\Delta x, i = \overline{0, I, \Delta y}; j = \overline{0, j, \Delta Z_k}, k = \overline{0, k}$ .

Since we are interested in surface concentrations, we introduce the notation,

$$g_{ij}(l) = \sum_{m=1}^n Q_m (1 - e_m) d_m(x_i y_j z_0) + d_0(x_i y_j z_0) \quad (15)$$

where  $d_m(x_i y_j z_0) = \int_0^T \varphi_m^n(x_i y_j z_0) dt / T$ .

Thus, the set of vectors  $C = \{g_{ij}(l), i = \overline{0, I}, j = \overline{0, J}, l \in E\}$  describes the possible consequences of pollution at the points of the surface layer, depending on the control option  $\vec{e}$ .

We introduce, following [1-4], the following notation:  $G_m(l_m)$  - a function characterizing the cost of reducing the intensity of emissions at  $m$  -  $M$  enterprises by  $l_m, m = \overline{1, n}; G(l) = \sum_{m=1}^n G_m(l_m)$  the amount of the total value of regulation of sources within a given region.

Let  $S$  - the cost of all the means used to improve the quality of the atmosphere. Then the set  $E$  can be assumed to be given in the form

$$E = \{ \vec{l} : G(\vec{l}) \leq S, 0 \leq l_m \leq E_m \} \quad (16)$$

There are several ways to build dependencies  $G_m(l_m), m = \overline{1, n}$ . Following [2], we will understand the cost of anti-pollution measures at the enterprise ( $G_m(l_m)$ ) the sum of all the costs that this enterprise incurs, with a decrease in the volume of harmful emissions by an amount of  $e_m, m = \overline{1, n}$  and a constant volume of output. The main items of these costs are related to the purchase of other, more expensive types of raw materials and materials, additional capital investments and operating costs for the establishment of new low-waste technologies, an increase in the cost of production and, consequently, a decrease in the profit

from its sale. Let's consider the method of constructing functions  $G_m(l_m)$ , based on the use of one of the simplest and most common models-the linear production model [1, 2]. First of all, we will proceed from the fact that the planned production unit ( $m$  - enterprise) has established a planned task for the production of  $J_m$  types of products in volumes during the time  $T$ . To fulfill this task, the enterprise has technological methods ( $r_m$ ).

We denote by  $h_{m_l}$  the intensity of the use of the 1st technology in the enterprise,  $m - M$ ,  $l = 1, r_m$ ;  $h_m = \{h_{m_1}, h_{m_2}, h_{m_k}\}$  - the vector of the intensive (plan) functioning of the  $m$  - th enterprise. Let's present the economic-mathematical model of the work of this enterprise in the following way:

$$P_m(h_m) = \sum_{l=1}^{r_m} P_e^m h_{me} \rightarrow \max hm \quad (\text{profit}), \quad (17)$$

With restrictions:

$$\sum_{l=1}^{r_m} a_{ja} h_{me} = A_{mj} \quad j = 1, J_m \quad (\text{planned assignment}), \quad (18)$$

$$\sum_{l=1}^{r_m} b_e^m h_{me} = \theta_m (1 - l_m) \quad (\text{maximum allowable emissions}), \quad (19)$$

$$\sum_{j=1}^{J_m} \sum_{l=1}^{r_m} S_{je}^m a_{je}^m h_{me} \leq S_0^m \quad (\text{cost price}), \quad (20)$$

$$\sum_{l=1}^{r_m} K_e^m h_{me} \leq K_0^m \quad (\text{investments}), \quad (21)$$

$$\sum_{l=1}^{r_m} V_e^m h_{me} \leq V_0^m \quad (\text{operating costs}). \quad (22)$$

Here the following designations are used:  $P_e^m$  - profit of the  $m$ -th enterprise when using  $e$ -th technology with a unit capacity;  $a_{je}^m$  - volume of output of type  $j$  at the  $m$ -th enterprise by the production method;  $b_e^m$  - power of impurity emission at the  $m$ -th enterprise according to the  $e$ -th technology with unit capacity;  $S_{je}^m$  - prime cost of production of a unit of production of the  $e$ -th type for the  $m$ -th enterprise by the technological method;  $K_e^m$  - capital investments to prevent pollution of atmosphere into  $e$ -th technology at the  $m$ -th enterprise ( $K_e^m \neq 0$  for newly developed and reconstructed technologies);  $V_e^m$  - costs of operation and maintenance of gas cleaning installations and other treatment facilities in connection with the application of the  $e$ -th technological method at the  $m$ -th enterprise;  $K_0^m$  - the investment limit for the  $e$ -th business;  $V_0^m$  - the operating cost limit at the  $m$ -th enterprise;  $S_0^m$  - the limiting value of the cost of the products produced by the  $m$  - th enterprise.

The optimum plan for the functioning of the  $m$ -th enterprise is determined by solving the linear programming problem (17) - (22). The variable  $e_m$  participates in this task as a

parameter. Velichina  $E_m$  in the framework of the adopted model can be determined from the solution of the linear programming problem:  $e_m \rightarrow \max_{h_{m,l_m}}$  under the constraints (12) - (17). If  $e_m^*$  - the optimal solution of this problem, then  $E_m = l_m^*$ .

Let be  $h_m^*(l_m)$  - the vector of the optimal solution of the optimization problem (17) - (22), depending on the parameter. Using the introduced notations, we calculate the following values:  $P_m(l_m) = \sum_e P_e^m h_{me}^*(l_m)$  - the profit of the  $m$ -th enterprise under the optimal plan  $h_m^e(l_m)$ ;  $S_m(l_m) = \sum_{j,e} S_{je}^m \alpha_{je}^m h_{me}^*(l_m) h_{me}^*(l_m)$  - the cost of production at the  $m$ -th enterprise with the optimal plan  $h_m^e(l_m)$ ;  $K_m(l_m) = \sum_e K_e^m h_{me}^*(l_m)$  - the volume of capital investments for improving the atmosphere required by the  $m$  - th enterprise under this operating regime;  $V(l_m) = \sum_e V_e^m h_{me}^*(l_m)$  - the cost of all operating costs associated with the operation of treatment plants and facilities under the plan of the  $m$ -th enterprise.

Define the total costs of the  $m$  - th enterprise (function  $G_m(l_m)$ ), arising from a decrease in emissions by  $l_m$ . Then

$$G_m(l_m) = (P_m(0)P_m(l_m)) + (S_m(l_m) - S_m(0)) + (K_m(l_m) - K_m(0)) + (V_m(l_m) - V_m(0)). \quad (23)$$

We note that  $G_m(l_m)$ , as a function of  $l_m$ , it is a piecewise-linear function on  $[0, E_m]$ . This follows from the general property of solving linear programming problems: the vector-function  $h_m^*(l_m)$  is «glued» from pieces of linear segments in  $R^m$ . Therefore, to construct a cost function  $G_m(l_m)$ , it is sufficient to have solutions of several linear programming problems of the form (17) - (22), which successively take values equal to the break points of the graph of the vector-function  $h_m^*(l_m)$ .

## REFERENCES

- 1 Aidosov A.A., Aidosov G. A. Theoretical bases of forecasting natural processes and ecological conditions of environment - Almaty: Publishing house „Kazakh University,, 2000. \_ 290с.
- 2 Nigmatulin R. I Methods of mechanics of the continuous environment for the description of multiphase mixes//PMM.1970-T.34,№6.-С.1097-1112.
- 3 Aydosov, A. A., G. A. Aydosov, N. S. Zaurbekova, and G. I. Azhieva. Model assessment of the technological load of environmental components in the oil and gas producing region, 160. Volkova E. V.: Alma-ATA. 2015.
- 4 Aydosov A., Aydosov G. A. Zaurbekov N. S. Theoretical foundations of the study of the state of components of natural environments and methods for assessing the impact of natural and anthropogenic loads. Monograph / Almaty, «IP Volkova E. V.» 2017, - 232 p. ISBN 978-601-263-408-2. The circulation of 650 copies.
- 5 A.Aydosov, G.Zaurbekova, G. Aydosov, L. Baibolova, R. Aitbayeva, B.Talpakova Accidents with the Release of Pollutants into the Atmosphere and the Issues of their Mathematical and Informa-

tional Modeling and Numerical Simulation CURRENT SCIENCE, VOL. 112, NO. 5, 10 MARCH 2017. – 1473-1488 pp. IF TR=0.89

6 A. Aidosov, M. S. Kyzylbayev, A. E. Batyrbayeva Information support for modeling the process of transport of pollutants in the boundary layer of the atmosphere Materials of the Republican scientific and practical conference of young scientists « Science. Education. Youth», posv. 60th anniversary of ATU. - Almaty, 2017. - Pp. 143-145

7 Aidosov A., Zaurbekov N. S. Kyzylbayev M. S., Batyrbayeva A. E. Information support for modeling the process of transport of pollutants in the atmosphere for the purpose of environmental monitoring Vestnik ATU, 2017. Issue No. 2 (115), I ISSN 2304 -5681 - 4 C. (in press, June 2017 N.

8 N. Zaurbekov, A. Aidosov, N. Zaurbekova, G. Aidosov, G. Zaurbekov I. Zaurbekov. Distribution of emissions from mass and energy exchange in the atmospheric surface layer: two-dimensional modeling - energy sources Volume 40, 2018-Issue 23. - Str. 2832-2841: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15567036.2018.1511656>. [Web Of Science ]

9 Allayarbek Aidosov, Baidalet Urmashov, Gulzat Zaurbekova. Modeling the propagation of harmful substances in the atmosphere with a changing velocity profile-Open Engineering formerly Central European Journal of Engineering, volume 6, issue 1. ISSN 2391-5439. Warsaw, Poland, In 2016. -264-269 стр.: <https://www.degruyter.com/view/j/eng.2016.6.issue-1/eng-2016-0035/eng-2016-0035.xml>

10 Allarakha Aidosova, Aidosova Of Kazakhstan, Nurgali Zaurbekova, Gulzat Zaurbekova, Norbit Zaurbekova, Igrica Zaurbekova. Mathematical modeling of atmospheric pollution in an industrial region in order to develop software for an information system for the environmental situation-Ekolod-zhi, 2019, issue 107, p.: 349-358.: <http://ekolojidergisi.com/article/mathematical-modelling-of-atmospheric-pollution-in-an-industrial-region-with-a-view-to-design-an-5601>. [Web Of Science ]

**А. А. АЙДОСОВ<sup>1</sup>, Г. А. АЙДОСОВ<sup>2</sup>, Р. У. БАЯМИРОВА<sup>3</sup>, А. Р. ТОГАШЕВА<sup>3</sup>,  
А. Т. ЖОЛБАСАРОВА<sup>3</sup>, М. Д. САРБОПЕЕВА<sup>3</sup>, Ш. М. УРАЗГАЛИЕВА<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>ҚР Ұлттық Инженерлік академиясы, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>ҚазМұнайГаз, Қазақстан

<sup>3</sup>Ш. Есенов атындағы технология және инжиниринг университеті,  
Ақтау, Қазақстан

<sup>4</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

## **ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ АКТИВНЫМИ ПРИМЕСЯМИ**

*В работе использован метод экономико-эколого-математического моделирования. Выбраны способы управления, наиболее эффективные с точки зрения «природоохранных» и «производственных» критериев. Их применение является непростой задачей, так как для ее решения предлагается использование метода экономико-эколого-математического моделирования на ЭВМ. Результаты подобного моделирования могут быть также использованы при принятии решений в экологии, здравоохранении, отраслевой медицине, планировании инвестиций, градостроении и др.*

**Ключевые слова:** вредные вещества, выбросы в атмосферу, распространения примесей, метод экономико-эколого-математический, математическое моделирование, метод управления.

**А. А. АЙДОСОВ<sup>1</sup>, Г. А. АЙДОСОВ<sup>2</sup>, Р. У. БАЯМИРОВА<sup>3</sup>, А. Р. ТОГАШЕВА<sup>4</sup>,  
А. Т. ЖОЛБАСАРОВА<sup>5</sup>, М. Д. САРБОПЕЕВА<sup>6</sup>, Ш. М. УРАЗГАЛИЕВА<sup>7</sup>**

<sup>1</sup>Национальная Инженерная Академия РК, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>КазМунайГаз Аймак, Казахстан

<sup>3</sup>Каспийский государственный университет технологии и инжиниринга  
имени Ш. Есенова, Актау, Казахстан

<sup>4</sup>КазНПУ им. Абая, Алматы, Казахстан

### **БЕЛСЕНДІ ҚОСПАЛАРМЕН ЛАСТАНУ КЕЗІНДЕ ӨНЕРКӘСІПТІК АЙМАҚТЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫН БАҒАЛАУ**

Жұмыста экономика-экология-математикалық модельдеу әдісі қолданылды. «Табиғатты қорғау» және «өндірістік» критерийлар тұрғысынан неғұрлым тиімді басқару тәсілдері таңдап алынды. Бұл таңдалған басқарудың ең тиімді әдісі күрделі міндет болып табылады, оны шешу үшін ЭЕМ-де экономика-экология-математикалық модельдеу әдісін қолдану ұсынылады. Мұндай модельдеудің нәтижелері экология, денсаулық сақтау, салалық медицина, инвестицияларды жо-спарлау, қала құрылысы және басқа да салаларда шешімдер қабылдау кезінде пайдаланылуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** зиянды заттар, атмосфераға шығарындылар, қоспалардың таралу.



УДК 334.7

<https://doi.org/10.47533/2020.1606-146X.92>

**В. Р. ЗАРУБИНА\*, М. Ю. ЗАРУБИН**

*Рудненский индустриальный институт, г.Рудный, Казахстан  
zarubina\_v@mail.ru, zarubin\_mi@mail.ru*

### **УМНАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ ДЛЯ РАЗВИТИЯ МАЛОГО И СРЕДНЕГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН**

*В статье рассмотрены вопросы развития малого и среднего предпринимательства с учетом концепции умной специализации. Представлена комбинация данных «четверной спирали», направленной на формирование и интенсификацию сетевых взаимодействий составляющих бизнес-государство-наука-гражданское общество для создания эволюционного, «умного», устойчивого предпринимательства, роста экономики регионов и страны в целом. Выполнен анализ и классификация регионов по уровню производства валового регионального продукта, определен набор специализации. Проведен мониторинг целевых ориентиров достижения ключевых показателей инновационного развития страны. Представлена последовательность работы с умной специализацией. Сделаны выводы по дальнейшему развитию малого и среднего предпринимательства в Республике Казахстан.*

**Ключевые слова:** умная специализация, развитие малого и среднего предпринимательства.

В современных условиях развития экономики для поддержания своих позиций на рынке приходится сталкиваться с растущей конкуренцией. Устойчивость малого бизнеса зависит не только от окружающей среды, места расположения производства, конкурентной среды, качества трудового и физического капитала, но также от ещё одного очень важного фактора, который определяет различные темпы роста видов бизнеса, а именно развития инновационных систем субъектов экономики. Научно-технический прогресс стал важнейшим фактором роста производства, являясь совокупной возможностью приобретения новых знаний, информации и обмена опытом, необходимых при производстве конкурентоспособной продукции и оказании услуг. Без активного внедрения инновационных технологий предприятие неизбежно окажется в большой зависимости от условий на рынке, которые приведут производство к экономической отсталости, а также значительному снижению его экономического потенциала.

Целью статьи является разработка алгоритма работы с умной специализацией для малого и среднего предпринимательства (МСП), этапов ее реализации.

---

\* Адрес для переписки. E-mail: zarubina\_v@mail.ru

Уровень развития предпринимательства в регионах различен. Это может быть объяснено как рядом объективных причин, так и эффективностью поддержки бизнеса в данном регионе. Известно, что проблема развития малого и среднего предпринимательства достаточно широко изучена, однако современное осмысление требует дополнительного изучения влияния актуализированных факторов, влияющих на его развитие. Разработка умной специализации малого и среднего предпринимательства в регионах Республики Казахстан позволит определить приоритетные области для инвестирования в рамках региона, ориентируясь на его сильные стороны и сравнительные преимущества.

По данным Министерства национальной экономики Республики Казахстан доля инновационной продукции к ВВП в 2019 году составляла всего 1,41% [1]. По оценкам Европейской комиссии, в ЕС доля ВВП МСП составляет более 30% [2].

Совершенствование механизма поддержки регионального развития малого и среднего предпринимательства, стимулирующего экономический рост на основе инноваций в целях повышения его конкурентоспособности, позволит определить стратегические направления развития МСП в регионах РК, учитывающей состояние природно-ресурсного потенциала, использование трудовых ресурсов по основным отраслям экономики, уровень и качество жизни населения, уровень экономического развития региона, его промышленности, сельского хозяйства, производственной инфраструктуры, экологического состояния.

Оценка эффективности современного предпринимательства представлена в трудах российских ученых Л.А. Колесникова, А.Ю. Чепуренко, поддержки предпринимательства в сфере стратегического планирования Е.М. Бухвальда, А. В. Виленского [3, 4, 5]. Оценка инфраструктурного обеспечения малого предпринимательства рассмотрена в трудах Л.Г. Руденко, В.М. Караулова и многих других [6, 7].

Развитие предпринимательства в Казахстане рассмотрено отечественными учеными – А.Токсановой, Г. Укубасовой, А. Асеновой и другими [8,9]. Различные направления оценки развития предпринимательства в Казахстане представлены в трудах Н. Н. Кулбатырова, А. А. Тулепбековой [10].

Инновации широко признаны в качестве основного двигателя экономического роста и развития. Согласно Глобального индекса инноваций, Казахстан занял в 2019 году 79 место в общем рейтинге, ухудшив свои позиции на 5 пунктов [11]. Лидерами рейтинга являются Швейцария, Швеция, США, Нидерланды и Великобритания. основополагающими факторами экономического развития являются человеческий капитал, конкурентный бизнес, инфраструктурная база, эффективная институциональная среда. Чем больше эффективно работающих конкурентоспособных малых и средних предприятий в промышленности, строительстве и инновационной сфере, тем больше вклад сектора малого и среднего предпринимательства в ВВП и выше темпы экономического роста. В связи с этим укрепление экономического и инновационного потенциала государства начинается с регионов.

В Казахстане вопросы развития национальной инновационной системы рассмотрены в трудах О.С. Сабдена [12], Ф.М. Днишева [13], Н.К. Нурлановой [14], Ф.Г. Альжановой [13], А.А. Алимбаева [15] и других.

Необходимость дифференцированной политики в отношении малых и средних предприятий рассмотрена в трудах А.Ю. Чепуренко [16], положительное влияние предпринимательства на региональный рост за рубежом рассмотрено Fritsch M., Mueller P. [17].

Концепция «четверной спирали», предложенная в 2009 г. зарубежными исследователями Э.Караяннисом и Д.Кэмпбеллом [18], направлена на формирование и интенсификацию сетевых взаимодействий составляющих бизнес-государство-наука-гражданское общество.

Эта стратегия может входить в структуру региональной или национальной научной и инновационной политики, либо реализовываться в данной форме. При этом в концепции «четверной спирали» главной движущей силой и ядром инноваций являются пользователи (т.е. граждане), которые выполняют функции потребителей, разработчиков и со-создателей. Сбалансированная модель концепции «четверной спирали» представлена на рисунке 1. Из представленной на рисунке модели следует, что концепцию «четверной спирали» можно применять как инновационную архитектуру, в среде, в которой можно сразу внедрять четыре сектора, применяя при этом динамически сбалансированные подходы «сверху вниз» и «снизу вверх». «Сверху вниз» – правительство, университеты, промышленность; «снизу вверх» – гражданское общество. При этом эффективность и устойчивость данной модели определяют встроенные в архитектуру интерфейсы знаний и обучения. Комбинация данных четырех звеньев направлена на создание эволюционного, «умного», устойчивого предпринимательства, роста экономики регионов и страны в целом.



**Рисунок 1** – Сбалансированная модель концепции «четверной спирали».

Научно-технический прогресс предъявляет требования, провоцирующие резкий рост интереса к инновациям. Ведь именно с помощью внедрения инноваций можно добиться «умного», постоянного и стабильного роста предприятия, а также его устойчивости на современном рынке. Концепция «четверной спирали» расширяет известную парадигму тройной спирали (triple helix), обозначая, что вместе с наукой, промышленностью и государством одну из основных ролей в инновационном развитии малого предпринимательства и экономики страны в целом играет общество, поскольку именно оно является конечным пользователем инноваций, и связи с этим

оказывает существенное влияние на разработку инноваций, технологий и знаний своим спросом и реализацией функции потребителя продукции и услуг.

Умная специализация — это максимальное сочетание всех факторов, которые сложились в регионе и позволяют быть заметно эффективнее в том или ином направлении развития и сделать это конкурентным преимуществом субъекта.

Идея умной специализации регионов заложена в Стратегии пространственного развития и подразумевает комбинацию существующих и новых компетенций в производственной и научно-технической сферах. Имплементация умной специализации для принятия государственных решений возможна при условии сближения подходов инновационной, отраслевой и региональной политик.

Последовательность работы с умной специализацией может быть представлена следующим образом:

- Определение широкого набора и эффективной отраслевой специализации;
- Анализ инновационной активности;
- Оценка затрат на НИОКР;
- Локальные знания, диверсификация, межотраслевые связи.

Для определения приоритетных областей эффективной отраслевой специализации нами использована структура ВРП, определены отрасли, обеспечивающие 80% производства валового регионального продукта в общей совокупности. В основе определения принят ABC-анализ — метод, позволяющий классифицировать ресурсы по степени их важности. В его основе лежит принцип Парето, в данном случае определены отрасли, обеспечивающие 80% ВРП региона. Структура ВРП Республики Казахстан за 9 месяцев 2019 года представлена в таблице 1. Значительную роль в развитии регионов играет уровень развития обрабатывающей промышленности, горнодобывающей промышленности и разработка карьеров. Составлен рейтинговый список отраслей по убыванию значения параметра ВРП. Рассчитана доля параметра ВРП от общей суммы ВРП с накопительным итогом. На основании полученных данных можно выделить монопрофильные регионы, с долей промышленной продукции в ВРП региона более 40%, диверсифицированные регионы с долей промышленной продукции в ВРП региона менее 40% (таблица 2).

По данным комитета по статистике МНЭ РК доля инновационной продукции к ВВП в 2015 году составляла 0,92%, в 2019 году – 1,6% [1]. Среди проблем низкого инновационного развития можно отметить отсутствие или недостаток трансферта передовых технологий; доминирование традиционных технологий; высокую стоимость внедрения инновационных технологий; недостаток квалифицированных кадров.

Процесс инновационного развития, начиная с трансферта технологий, их адаптации и последующего создания собственных технологий, достаточно долгий. Необходимо формирование инновационных центров в коллаборации с имеющимися институтами развития и компаниями. Государство может обеспечить финансирование исследований через предоставление грантов для приоритетных отраслей экономики региона.

Таблица 1 – Отрасли, обеспечивающие 80% валового регионального продукта Республики Казахстан (за 9 месяцев 2019 года)

Отрасль	РК	Акмолинская	Актобинская	Алматинская	Атырауская	Западно-Казахстанская	Жамбылская	Карагандинская	Костанайская	Кызылординская	Мангистауская	Павлодарская	Северо-Казахстанская	Туркестанская	Восточно-Казахстанская	г. Нур-Султан	Алматы	Шымкент
Сельское, лесное и рыбное хозяйство	4,28	13,62		14,46					7,69			4,79	26,44	20,40	6,82			
Промышленность	29,21	25,49	39,47	22,38	47,23	51,15	20,19	46,67	30,96	34,92	56,98	44,11	11,57	18,82	36,43			28,03
Строительство	5,57	6,67	5,35	9,71	7,92	4,65	6,52	5,94	6,40	8,21	4,86	5,91	5,23	5,02	6,79	6,22		
Оптовая и розничная торговля; ремонт автомобилей	15,55	10,10	15,31	9,98		6,71	10,03	12,94	12,51	7,37		9,41	13,21		13,73	22,22	31,83	17,96
Транспорт и складирование	7,71	10,03	8,64	13,09	4,68	6,40	16,53	5,67	12,16	14,24	6,21	10,86	12,63	5,45	6,60	7,21	5,14	13,39
Финансовая и страховая деятельность																9,86	7,68	
Операции с недвижимым имуществом	6,79	8,79	6,56	5,86			7,34	5,66	8,07	5,34	5,51		8,27	11,91	6,23	9,94	9,20	8,99
Профессиональная научная и техническая деятельность	3,94				8,03											6,63	7,38	
Деятельность в области адм. и вспомогательного обслуживания					5,34		3,42									4,26		
Информация и связь																4,41	4,59	
Образование							6,94			5,18				11,28				4,91
Защита и сохранение и социальные услуги							3,30											
Предоставление прочих видов услуг																4,06	9,48	
Налоги на продукты	8,06	7,45	8,04	7,45	9,48	10,47	7,45	7,45	7,45	8,88	9,58	8,04	6,09	7,63	7,46	7,58	7,46	7,45
Всего	81,12	82,14	83,36	82,93	82,66	79,38	81,71	84,32	85,25	84,14	83,14	83,12	83,44	80,51	84,05	82,39	82,76	80,73

Примечание \* – Таблица 1 составлена авторами на основании источника [1]

Таблица 2 – Классификация регионов Республики Казахстан по уровню производства ВРП

Область	Монопрофильный регион (доля промышленной продукции в ВРП региона более 40%) / Диверсифицированный регион
Акмолинская	Диверсифицированный регион
Актюбинская	Монопрофильный регион
Алмагинская	Диверсифицированный регион
Атырауская	Монопрофильный регион
Западно-Казахстанская	Монопрофильный регион
Жамбылская	Диверсифицированный регион
Карагандинская	Монопрофильный регион
Костанайская	Диверсифицированный регион
Кызылординская	Монопрофильный регион
Мангистауская	Монопрофильный регион
Павлодарская	Монопрофильный регион
Северо-Казахстанская	Диверсифицированный регион
Туркестанская	Диверсифицированный регион
Восточно-Казахстанская	Диверсифицированный регион
г. Нур-Султан	Диверсифицированный регион
г. Алматы	Диверсифицированный регион
г. Шымкент	Диверсифицированный регион

Для анализа национальных и региональных инициатив по развитию smart-технологий использованы данные Государственной программы «Цифровой Казахстан» [19]. Программа направлена на «Создание инновационной экосистемы» - формирование условий для развития технологического предпринимательства и инноваций с устойчивыми горизонтальными связями между бизнесом, научной сферой и государством. Ключевая роль государства активизация экосистемы, генерирование, адаптация и внедрение в производство инноваций.

В таблице 3 систематизированы основные задачи программы и целевые ориентиры.

Таблица 3 – Задачи и целевые ориентиры государственной программы «Цифровой Казахстан»

Задачи программы	Целевые ориентиры
1. Цифровизация промышленности и электроэнергетики. 2. Цифровизация транспорта и логистики. 3. Цифровизация сельского хозяйства. 4. Развитие электронной торговли. 5. Поддержка площадок инновационного развития. 6. Развитие технологического предпринимательства, стартап культуры и НИОКР.	Рост производительности труда в 2022 году: – горнодобывающая промышленность и разработка карьеров - 38,9%; – транспорт и складирование - 21,2%; – сельское, лесное и рыбное хозяйство - 82,0%; – обрабатывающая промышленность - 49,8%; – доля электронной торговли в общем объеме розничной торговли году - 2,6%.



Поскольку государство должно обеспечить достижение поставленных целей, оно принимает на себя функции инвестора, определяющего ключевые, наиболее перспективные направления финансирования, исходя из оценки долгосрочного возврата на инвестиции, конкурентной позиции, трендов.

Недропользование на текущий момент составляет основу реального сектора экономики Казахстана. Однако до сих пор недостаточно развит сектор обрабатывающей промышленности высокого передела. Электроэнергетика обеспечивает потребности населения и производства, но требует перехода на более технологичный и ресурсосберегающий уровень. Стимулирование инновационной деятельности является актуальной задачей для развития регионов. Пространственная близость и локальные факторы играют существенную роль в производстве знания и его преобразовании в инновационный продукт: исследования Организации экономического сотрудничества и развития (ОСЭР) зафиксировали максимально интенсивное взаимодействие между участниками инновационной деятельности в радиусе приблизительно 200 км [20].

Предприятия малого и среднего предпринимательства в монопрофильных регионах для обеспечения роста производительности труда градообразующих предприятий должны обеспечить удовлетворение потребностей последних с учетом факторов их развития, диверсификации, социальных, экономических, экологических последствий их реструктуризации.



Примечание\* – Рисунок 2 составлен авторами

**Рисунок 2** – Этапы реализации умной специализации для малого и среднего предпринимательства

Согласно РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности» МЮ РК, рост количества выданных патентов национальным заявителям (компаниям/физическим лицам-резидентам РК) в сфере ИКТ должен возрасти с 53 в 2020 году до 93

в 2022 году, количество стартапов, прошедших программу акселерации, в технопарке «Astana Hub» должно увеличиться со 150 в 2020 году до 298 в 2022 году. [19].

Следует отметить, что внутренние затраты на НИОКР в процентном отношении к ВВП составили в 2019 году 82333,1млн тенге или 0,12%[1]. Удельный вес затрат на НИОКР, как и доля инновационной продукции, в структуре ВВП остаются низкими величинами. На основании проведенного исследования поэтапную реализацию умной специализации для предприятий малого и среднего предпринимательства авторами предлагается представить следующим образом.

Государство должно обеспечить поддержку стартап-проектов, инициируемых предприятиями малого и среднего предпринимательства.

Стартапы являются инструментами трансформации общественного сознания, зарождения новой культуры технического предпринимательства. Целевая господдержка стартапов может быть эффективной, при этом основное внимание следует сохранить на стимулировании спроса и обеспечении доступа к нему малых предприятий.

Также следует отметить, что наличие открытой цифровой платформы для малого и среднего предпринимательства, предоставление базового пакета IT услуг позволит вывести предприятия на новый уровень функционирования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Официальный интернет-ресурс Комитета по статистике МНЭ РК. – Режим доступа <https://stat.gov.kz/official/industry/23/statistic/8>. [ Oficial'nyj internet-resurs Komiteta po statistike MNE RK. – Rezhim dostupa <https://stat.gov.kz/official/industry/23/statistic/8>]

2 Пойти на прорыв: как в России развивается инновационная среда. – Режим доступа: <https://icss.ru/novosti/poyti-na-proryv-kak-v-rossii-razvivaetsya-innovatsionnaya-sreda> [Pojti na proryv: kak v Rossii razvivaetsya innovatsionnaya sreda. – Rezhim dostupa: <https://icss.ru/novosti/poyti-na-proryv-kak-v-rossii-razvivaetsya-innovatsionnaya-sreda>]

3 Чепуренко А. Ю. Что такое предпринимательство и какая политика в отношении предпринимательства нужна России? (Заметки на полях работ современных зарубежных классиков) // Журнал новой экономической ассоциации. – 2012. – № 2. – С. 102–124 С [Чепуренко А. Ю. Что такое предпринимательство и какая политика в отношении предпринимательства нужна России? (Заметки на полях работ современных зарубежных классиков) // Журнал новой экономической ассоциации. – 2012. – № 2. – С. 102–124] Выбор приоритетов регионального развития Согласованность приоритетов с учетом национальных приоритетов инновационного развития Обеспечение приоритетов предпринимательским потенциалом Концентрация талантов, капитала, ресурсов Разработка стартап –проектов МСП Грантовая поддержка проектов Выявление перспективных рыночных ниш Использование научно-технического потенциала региональных вузов при разработке инновационных проектов

4 Бухвальд Е. М. Стратегия развития малого и среднего предпринимательства в России до 2030 года: амбиции и реалии. // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2016. – № 1. – С. 66–80 [Buhval'd E. M. Strategiya razvitiya malogo i srednego predprinimatel'stva v Rossii do 2030 goda: ambicii i realii. // Ekonomicheskie i social'nye peremeny: fakty, tendencii, prognoz. – 2016. – № 1. – S. 66–80]

5 Виленский А. В. Возможности оценки результатов поддержки российского малого и среднего предпринимательства на федеральном и региональном уровне // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2013. – №17. – С. 2–8 [Vilenskij A. V. Vozmozhnosti ocenki rezul'tatov podderzhki rossijskogo malogo i srednego predprinimatel'stva na federal'nom i regional'nom уровне // Nacional'nye interesy: prioritety i bezopasnost'. – 2013. – №17. – С. 2–8]

6 Руденко Л. Г. Социально-экономическая роль малого предпринимательства сферы услуг в поступательном развитии России // Актуальные проблемы экономики и права. – 2016. – № 1.

– С. 62–70. [Rudenko L. G. Social'no-ekonomicheskaya rol' malogo predprinimatel'stva sfery uslug v postupatel'nom razvitii Rossii // Aktual'nye problemy ekonomiki i prava. – 2016. – № 1. – С. 62–70.]

7 Караулов В. М. Оценка инфраструктурной поддержки малого предпринимательства в субъектах России // Современные проблемы управления природными ресурсами и развитии социально-экономических систем: материалы международной научной конференции: в 4х ч./ под ред. А. В. Семенова, Н. Г. Малышева, Ю. С. Руденко. – М.: изд. ЧОУВО «МУ им. С. Ю. Витте», 2016. – Ч. 2. – С. 521. [Karaulov V. M. Ocenka infrastrukturnoj podderzhki malogo predprinimatel'stva v sub"ektah Rossii // Sovremennye problemy upravleniya prirodnymi resursami i razvitiem social'no-ekonomicheskikh sistem: materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii: v 4h ch./ pod red. A. V. Semenova, N. G. Malysheva, YU. S. Rudenko. – М.: izd. CHOUVO «MU im. S. YU. Vitte», 2016. – Ч. 2. – С. 521.]

8 А.Токсанова, Г.Укубасова, А.Галиева, Г.Байбусинова Косвенные меры поддержки инновационного предпринимательства // Экономика и статистика. -2019. - №1. – С.109-115. [A.Toksanova, G.Ukubasova, A.Galieva, G.Bajbusinova Kosvennye mery podderzhki innovacionnogo predprinimatel'stva // Ekonomika i statistika. -2019. - №1. – С.109-115.]

9 Кулбатыров Н. Н., Асенова А. Е. О некоторых особенностях развития инновационного предпринимательства в Казахстане // ПСЭ. 2014. №3 (51). Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-nekotoryh-osobennostyah-razvitiya-innovatsionnogo-predprinimatel'stva-v-kazahstane> [Kulbatyrov N. N., Asenova A. E. O nekotoryh osobennostyah razvitiya innovacionnogo predprinimatel'stva v Kazahstane // PSE. 2014. №3 (51). Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-nekotoryh-osobennostyah-razvitiya-innovatsionnogo-predprinimatel'stva-v-kazahstane>]

10 Кулбатыров Н.Н., Тулепбекова А.А., Асенова А.Е. Оценка условий для развития предпринимательства в странах Евразийского экономического союза // Вестник Карагандинского университета серия «Экономика». – 2016. – №2 (82). – С. 81-90 [Kulbatyrov N.N., Tulepbekova A.A., Asenova A.E. Ocenka uslovij dlya razvitiya predprinimatel'stva v stranah Evrazijskogo ekonomicheskogo soyuza // Vestnik Karagandinskogo universiteta seriya «Ekonomika». – 2016. – №2 (82). – С. 81-90]

11 Казахстан упал в рейтинге глобального инновационного индекса. – Режим доступа: <https://kursiv.kz/news/ekonomika/2019-07/kazahstan-upal-v-reytinge-globalnogo-innovacionnogo-indeksa> [Kazahstan upal v rejtinge global'nogo innovacionnogo indeksa. – Rezhim dostupa: <https://kursiv.kz/news/ekonomika/2019-07/kazahstan-upal-v-reytinge-globalnogo-innovacionnogo-indeksa>. Сабден О. Инновационная экономика: научное издание. – Алматы: Эксклюзив, 2008. – 491.]

12 Днишев Ф.М., Альжанова Ф.Г. Развитие инноваций и технологий в условиях глобализации: мировой опыт и Казахстан/ Ф.М. Днишев, Ф.Г. Альжанова. – Алматы: Институт экономики КН МОН РК, 2013.- 62с. [Dnishev F.M., Al'zhanova F.G. Razvitie innovacij i tekhnologij v usloviyah globalizacii: mirovoj opyt i Kazahstan/ F.M. Dnishev, F.G. Al'zhanova. – Almaty: Institut ekonomiki KN MON RK, 2013.- 62s]

13 Нурланова Н. К. Технологическая модернизация экономики регионов Казахстана на основе smart специализации: сценарии и механизмы реализации // Россия: тенденции и перспективы развития. 2018. №13-1. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologicheskaya-modernizatsiyaekonomiki-regionov-kazahstana-na-osnove-smart-spetsializatsii-szenarii-i-mehanizmy-realizatsii-aliz>[Nurlanova N. K. Tekhnologicheskaya modernizatsiyaekonomiki regionov Kazahstana na osnove smart specializacii: scenarii i mekhanizmy realizacii // Rossiya: tendencii i perspektivy razvitiya. 2018. №13-1. Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologicheskaya-modernizatsiyaekonomiki-regionov-kazahstana-na-osnove-smart-spetsializatsii-szenarii-i-mehanizmy-realizatsii-aliz>]

14 Алимбаев А.А., Аймагамбетов Е.Б., Притворова Т.П. и др. Инновационное развитие экономики. – Караганда: Типография КЭУК, 2010. -435.[ Alimbaev A.A., Ajmagambetov E.B., Prityvorova T.P. i dr. Innovacionnoe razvitie ekonomiki. – Karaganda: Tipografiya KEUK, 2010. -435]

15 Чепуренко А. Ю. Что такое предпринимательство и какая политика в отношении предпринимательства нужна России? (Заметки на полях работ современных зарубежных классиков) // Журнал Новой экономической ассоциации. №. 2. С. 102-125. С [Чепуренко А. Ю. CHto takoe predprinimatel'stvo i kakaya politika v otnoshenii predprinimatel'stva nuzhna Rossii? (Zametki na polyah rabot sovremennyh zarubezhnyh klassikov) // ZHurnal Novej ekonomicheskoy associacii. №. 2. S. 102-125.]

16 Foray D., David P.A., Hall B. Smart Specialization: the concept. Knowledge for growth. Prospects for science, technology, and innovation: selected papers from research commissioner Janez Potochnk's. Belgium, Expert Group Publ., 2009, pp. 20–24.

17 Carayannis E.G., Campbell D.F.J. «Mode 3» and «Quadruple Helix»: toward a 21st century fractal innovation Ecosystem. International Journal of Technology Management, 2009, no. 3/4 (46), pp. 201-234.

18 Постановление Правительства Республики Казахстан от 12 декабря 2017 года № 827 Об утверждении Государственной программы «Цифровой Казахстан» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 01.10.2020 г.). – Режим доступа [https://online.zakon.kz/document/?doc\\_id=37168057](https://online.zakon.kz/document/?doc_id=37168057) [Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazahstan ot 12 dekabrya 2017 goda № 827 Ob utverzhdenii Gosudarstvennoj programmy «Cifrovoy Kazahstan» (s izmeneniyami i dopolneniyami po sostoyaniyu na 01.10.2020 g.). – Rezhim dostupa [https://online.zakon.kz/document/?doc\\_id=37168057](https://online.zakon.kz/document/?doc_id=37168057)]

19 OECD (2013a) Regions and Innovation: Collaborating across Borders. Paris: OECD, pp.13.

**В. Р. ЗАРУБИНА, М. Ю. ЗАРУБИН**

*Рудный индустриальный институты, Рудный қаласы, Қазақстан  
zarubina\_v@mail.ru, zarubin\_mu@mail.ru*

## **ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДА ШАҒЫН ЖӘНЕ ОРТА КӘСІПКЕРЛІКТІ ДАМУҒА ҮШІН АҚЫЛДЫ МАМАНДАНДЫРУ**

*Мақалада ақылды мамандандыру тұжырымдамасын ескере отырып, шағын және орта кәсіпкерлікті дамыту мәселелері қарастырылған. Эволюциялық, «ақылды», тұрақты кәсіпкерлікті құру, өңірлер мен тұтастай ел экономикасының өсуі үшін бизнес-мемлекет-ғылым-азаматтық қоғамды құрайтын желілік өзара іс-қимылды қалыптастыруға және қарқындалуға бағытталған «төрт спираль» деректерінің комбинациясы ұсынылған. Жалпы өңірлік өнімді өндіру деңгейі бойынша өңірлерді талдау және жіктеу орындалды, мамандандыру жиынтығы анықталды. Елдің инновациялық дамуының негізгі көрсеткіштеріне қол жеткізудің нысаналы бағдарларына мониторинг жүргізілді. Ақылды мамандандырумен жұмыс дәйектілігі ұсынылған. Қазақстан Республикасында шағын және орта кәсіпкерлікті одан әрі дамыту жөнінде қорытындылар жасалды.*

*Түйін сөздер:* ақылды мамандану, шағын және орта кәсіпкерлікті дамыту.

**R. V. ZARUBINA, M. Y. ZARUBIN**

*Rudny Industrial Institute, Rudny, Kazakhstan  
zarubina\_v@mail.ru, zarubin\_mu@mail.ru*

## **SMART SPECIALIZATION FOR THE DEVELOPMENT OF SMALL AND MEDIUM-SIZED BUSINESSES IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

*The article deals with the development of small and medium-sized businesses, taking into account the concept of smart specialization. The article presents a combination of data from the “quad spiral”, aimed at the formation and intensification of network interactions of business-state-science-civil society components for the creation of evolutionary, “smart”, sustainable entrepreneurship, growth of the economy of regions and the country as a whole. The analysis and classification of regions by the level of production of the gross regional product is carried out, the set of specialization is defined. The monitoring of targets for achieving key indicators of innovative development of the country was carried out. The sequence of work with smart specialization is presented. Conclusions are drawn on the further development of small and medium-sized businesses in the Republic of Kazakhstan.*

**Key words:** smart specialization, development of small and medium-sized businesses.

---

---

## АГРОПРОМЫШЛЕННОСТЬ

УДК 636.085.55

<https://doi.org/10.47533/2020.1606-146X.93>

**А. А. АМАНТАЕВА\*, Н. Б. БАТЫРБАЕВА**

*АО «Алматинский технологический университет», г. Алматы, Казахстан*

### САФЛОР – ЦЕННАЯ КОРМОВАЯ КУЛЬТУРА

*Рассматривается использование побочных продуктов масличных культур в производстве комбикормов. Изучен обзор рынка масличных культур Республики Казахстан. Для получения кормовой добавки выбран сафлор. Определен химический состав полевых отходов из сафлора. Разработка современных технологий использования отходов производства и переработки масличных культур идет по пути интенсификации процесса, уменьшения энергозатрат и получения новых продуктов более высокой кормовой ценности.*

**Ключевые слова:** комбикорм, сафлор, масличные культуры, мука из отходов сафлора, кормовая добавка.

За последние несколько лет роль Казахстана на мировом рынке масличных культур неуклонно растет. Государственное стимулирование производства, развитие внутренней переработки, а также стабильный мировой спрос оказывают поддержку развивающемуся казахстанскому масличному сектору. Драйвером его развития послужила государственная политика диверсификации сельскохозяйственных площадей, а принятая в феврале 2017 г. Государственная программа развития АПК на 2017-2021 гг. закрепила конкретные задачи в этом направлении. Так, планируется сокращение на 22% пшеничного клина одновременно с расширением посевных площадей масличных культур на 44% [1].

Основное производство масличных культур в Казахстане представлено следующими культурами: подсолнечник, рапс, сафлор, соя и хлопчатник, хотя последний чаще относят к техническим культурам[2]. В связи с увеличением посевных площадей сафлора в нашей стране исследование по использованию побочных продуктов сафлора в кормопроизводстве является очень актуальным.

По производству сафлора Казахстан уже с 2000 года входит в пятерку мировых лидеров, а в 2010 года с урожаем 122,24 тысячи тонн стал вторым после Индии[3].

В масле сафлора намного больше линолевой кислоты, чем в подсолнечном и больше витамина Е, чем в других видах растительных масел.

Отходы масличных культур являются источником комплекса веществ с высокой пищевой ценностью и биологической активностью. В этой связи их переработка

---

\* Адрес для переписки. E-mail: [ajara86@mail.ru](mailto:ajara86@mail.ru)

на кормовые цели может рассматриваться как одно из перспективных направлений развития альтернативных технологий в современном кормопроизводстве. Одной из ключевых проблем современного животноводства является дефицит полноценного кормового белка. Наряду с традиционными поставщиками протеина (фуражное зерно, бобовые культуры, рыбные добавки) альтернативным источником протеина могут служить отходы производства и переработки масличных культур. Разработка современных технологий использования отходов производства и переработки масличных культур идет по пути интенсификации процесса, уменьшения энергозатрат и получения новых продуктов более высокой кормовой ценности.

Для решения указанных задач, наиболее эффективными являются разработки в области переработки отходов масложирового производства. Это обусловлено тем, что они дают тройной эффект – существенное снижение затрат на вывоз отходов производства, дополнительную выручку от продаж новой продукции, улучшение экологической обстановки.

Сафлор отличается низким содержанием клетчатки как источника протеина. Он содержит и протеин, и клетчатку. Несмотря на то, что в нем меньше минеральных веществ, чем в соевом шроте, он является хорошим источником кальция, фосфора и железа. По содержанию витаминов сафлор в несколько превосходит соевый, хотя содержит очень мало витамина В6 и беден витамином Е. Его можно использовать в качестве растительной добавки в комбикорма.

Изучен химический состав полевых отходов сафлора для кормовой муки, собранного из Жамбылской области. Показано, что полевые отходы обладают кормовой ценностью и содержат большое количество сырого жира. Приведён химический состав в таблице 1.

**Таблица 1** – Физико-химические показатели полевых отходов производства сафлора

Наименование показателя	Фактические результаты
1	2
Массовая доля белка, %	6,08
Массовая доля жира, %	2,49
Массовая доля углеводов, %	18,7
Массовая доля клетчатки, %	1,44
Массовая доля золы, %	4,33
Минеральные элементы, мг/100г	
Калий	432,9
Магний	229,4
Фосфор	450
Натрий	2,55
Кальций	50,7
Витаминный состав мг/100г	
В1	0,040



Окончание таблицы 1

1	2
B2	0,039
B6	0,063
C	0,35
B3	0,17
B 5	0,021
Bc	0,020

В результате исследований установлено, что в отходах сафлора содержится калий 432,9 мг/г, фосфор 450 мг/г, магний 229,4 мг/г, что превосходит кукурузу в 2-3 раза. Полевые отходы по содержанию кальция уступают подсолнечнику.

В связи с этим поиск новых видов кормовых продуктов и создание рациональной технологии эффективного использования сырьевых ресурсов весьма актуальны.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Алимкулов Ж.С., Сапарова У.Ж., Жумалиева Г.Е., Шаулиева К.Т. Использование отходов переработки масличных культур при кормлении сельскохозяйственных животных// Аграрий Казахстана №9 (79), 10 мая 2019, 3 с. [Alimkulov J.S., Saparova U.J., Jumalieva G.E., Şaulieva K.T. İspözlövane othodov pererabotki maslichnyh kültür pri kormlenii selskohozäistvennyh jivotnyh// Agrarı Kazahstana №9 (79), 10 maia 2019, 3 s.]

2 Нокушева Ж.А., Хамзина К.С., Валеева А.С., Кудабаева А. Применение отходов подработки масличных культур в кормлении сельскохозяйственных животных // Электронный журнал «БОСС»- 2019. -№7. [Nokuşeva J.A., Hamzina K.S., Valeeva A.S., Kudabaeva A. Primenenie othodov podrabotki maslichnyh kültür v kormlenii selskohozäistvennyh// Elektronnyı jurnal «BOSS»- 2019. -№7.]

3 Шаймерденова Д.А. Обзор масличного рынка Казахстана// Foodindustry/kz. Февраль 5, 2018. [Şaimerdenova D.A. Obzor maslichnogo rynka Kazahstana// Foodindustry/kz. Fevräl 5, 2018.]

**А. А. АМАНТАЕВА, Н. Б. БАТЫРБАЕВА**

*«Алматы технологиялық университеті» АҚ, Алматы қ., Қазақстан*

#### МАҚСАРЫ – ҚҰНДЫ ЖЕМШӨП ДАҚЫЛЫ

Бұл мақалада құрама жем өндірісінде майлы дақылдардың жанама өнімдерін пайдалану қарастырылады. Қазақстан Республикасының майлы дақылдар нарығына әдеби шолу жасалды. Малға арналған азықтық қоспаны алу үшін мақсарының егістіктегі қалдығы таңдалды. Майлы дақылдардың егістіктегі қалдықтарының химиялық құрамы анықталды. Майлы дақылдарды өндіру мен қайта өңдеу қалдықтарын пайдаланудың заманауи технологияларын жасау үрдістерін қарқындату, энергия шығынын азайту қарастырылады.

**Түйін сөздер:** құрама жем, мақсары; майлы дақылдар, қалдықтан алынған мақсары ұны, құрама жем қоспасы азайту және жемдік мәні жоғары жаңа өнім алу.

**A. A. AMANTAIEVA, N. B. BATYRBAEVA**

*JSC “Almaty Technological University», Almaty, Kazakhstan*

### **SAFFLOWER IS A VALUABLE FORAGE CROP**

*This article examines the use of by-products of oilseeds in the production of compound feeds. The review of the market of oilseeds of the Republic of Kazakhstan is studied. Safflower is selected for the feed additive. The chemical composition of field waste of oilseeds was determined. The development of modern technologies for the use of waste from the production and processing of oilseeds is on the way to intensify the process, reduce energy costs and obtain new products with a higher feed value.*

**Key words:** compound feed, safflower, oilseeds, safflower meal, feed additive

**Г. Т. ОРАЗ, А. Б. ОСПАНОВ, У. Ч. ЧОМАНОВ\*, А. А. ТУРСУНОВ**

*Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан*

## **СПОСОБ РАЗДЕЛКИ ГОВЯЖЬЕЙ ПОЛУТУШИ ДЛЯ ЭКСПОРТА**

*Эксперимент относится к области мясной промышленности и может быть использован для разделки говяжьих полутуш в убойных пунктах для оптовой торговли, преимущественно для экспорта.*

*Технический результат заявляемого эксперимента заключается в разделке говяжьей полутуши в соответствии с международными стандартами, позволяющими реализовать на экспорт мясо говядины зарубежным компаниям, так как в полной мере соответствует всем заявленным требованиям этих компаний.*

**Ключевые слова:** *говядина, стандарт, схема, туши, разделка, граница, экспорт, торговля, гармонизация.*

**Введение.** Известен межгосударственный стандарт «ГОСТ 32606-2013. Говядина. Туши и отрубы. Требования при поставках и контроль качества», где описана разделка полутуш говядины на 71 отруб, из которых 25 отрубов – на кости и 46 отрубов – на бескостное мясо. Детально и наглядно показаны графические схемы и таблицы отрубов и их характеристик. Отличия данной разделки от предлагаемой:

- количество отрубов не удовлетворяет требованиям иностранных компаний, а именно их большее количество по сравнению с необходимым, что влечет за собой сложность для розничной реализации этими компаниями;
- для мясокомбинатов необходимо приобретение и дальнейшее обслуживание дополнительного дорогостоящего оборудования для разделки говяжьих полутуш;
- некоторые границы определены нечетко, что вызывает некоторые трудности при обвалке полутуш говядины.

Известен межгосударственный стандарт «ГОСТ 31797-2012. Мясо. Разделка говядины на отрубы. Технические условия», где схематично обрисованы границы отрубов, описаны наименования и их границы в полутуше. Отличия данного типа разделки:

- нарисована лишь схема разделки говяжьей полутуши, без рисунков реальных отрубов и их местоположений на полутуше; - на схеме нарисовано 24 отруба, что не соответствует требованиям покупателей [1,2,3].

Также известна схема разделки говядины для розничной торговли Германии, исходя из которой говяжья полутуша разрубается по четким анатомическим границам на 10 отрубов, что, в свою очередь, не соответствует требованиям покупателя предъявляемым к количеству отрубов говяжьей полутуши.

Сравнивая литературные данные с глубоким анализом собственных исследований, пришли к заключению, что возникла необходимость в определении границ при разделке говяжьей полутуши и обозначить точное количество отрубов. Представленная разделка говяжьей полутуши позволит выдать исходные материалы для разработки нового стандарта на говядину по международным требованиям, основное

---

\* Адрес для переписки. E-mail: [u.chomanov@rpf.kz](mailto:u.chomanov@rpf.kz)

достоинство которого – гармонизация схемы разделки говяжьей полутуши с целью реализации потребителю мяса в соответствии с его требованиями[4,5].

**Материалы и методы исследований.** Проведена разделка говяжьих полутуш мясных пород (аулиекольская, казахская белоголовая, галловейская) в Юго-Восточном, Восточном и Северном регионах РК раннезимнего, весеннего, летнего и осеннего периодов. Разделка была осуществлена на 4 предприятиях РК: 1) ИП «Манашов А.А.», Алматинская область; 2) ТОО «Актюбинский мясной кластер», Актюбинская область; 3) ТОО «MPS», Алматинская область; 4) ТОО «Байсерке-Агро», Алматинская область. Перед разделкой животные у данного предприятия проходили полную санитарную проверку. Крупный рогатый скот был выращен и откормлен на пастбищах РК. Для разделки отбирались типичные головы скота в возрасте 18-30 месяцев живой массой 380-480 кг. В общей сложности было разделано на отрубы 48 единиц говяжьих туш.

Взяв за основу предпочтения розничных и оптовых покупателей говядины, авторы предложили разделить говяжью полутушу на 26 отрубов, названия и границы которых изложены ниже:

- 1) задняя голяшка бескостная – получают при обвалке задней голяшки;
- 2) пяточная мышца – получают из ссека путем отделения мышцы *glateobiceps*, состоит из мышц *gastrocnemiusflexor* и *superficialis*, обе мышцы должны оставаться;
- 3) внутренняя часть бедра без верха – получают из внутренней части бедра путем отделения мышцы *gracilis* по естественной линии сращения, жировые отложения полностью удаляются;
- 4) глазок бедра – получают из наружной части бедра путем разделения по естественной линии сращения двух мышц: мышцы *glateobiceps* плоского отруба наружной части и мышцы *semitendinosus* глазка бедра;
- 5) плоский отруб наружной части бедра – получают из наружной части бедра путем отделения плоского отруба наружной части по естественной линии сращения между глазком мышцы *semitendinosus* и плоским отрубом наружной части мышцы *glateobiceps*, плотная соединительная ткань на краю брюшины удаляется;
- 6) огузок – получают из толстой части пашины после удаления надлежащей мышцы, а также покрывающего ее жира и лимфатического узла, расположенного под подвздошной костью;
- 7) верхняя часть тазобедренного отруба бескостная без верха – получают из группы ягодичных мышц (поверхностная, средняя, добавочная и глубокая), отделенных от подвздошной кости и счищенных от поверхностной пленки и слоя подкожного жира;
- 8) вырезка – получают из задней четвертины, отделяя единым куском от брюшной поверхности поясничных позвонков и боковой поверхности подвздошной кости, малая поясничная мышца *psaosminog* не отделяется;
- 9) филейный край – получают из задней четвертины отрубом в пояснично-крестцовом соединении до брюшного участка пашины;
- 10) тонкая часть пашины – получают из задней и частично передней четвертины в результате отруба, который начинается от поверхностного пахового лимфатического узла, рассекает мышцу *rectusabdominus*, идет по контуру бедра, продолжается до 13-го ребра и проходит вдоль этого ребра до брюшной поверхности;
- 11) реберный край грудинки – получают из передней четвертины после удаления чельшка и лопаточной части прямоугольной разделки, линия отделения реберного края грудинки проходит приблизительно в 75 мм от длинного мускула спины и параллельно позвоночному

столбу; 12) короткая часть реберного края грудинки – получают путем разделения реберного края грудного отруба пополам; 13) короткая часть реберного края грудинки без верха – получают путем разделения реберного края грудного отруба пополам и удаления жирового покрова; 14) грудной отруб бескостный – получают при обвалке грудного отруба, жировой покров и поверхностная фасция удаляется; 15) тройная верхушка (треугольник) – представляет собой часть мышцы *fasciatae* (треугольной мышцы), отделенной от костреца по естественной линии сращения между мышцами *tensorfasciae* и *gluteusmedius*; 16) рулет из спинной мякоти – получают из передней четвертины, и он состоит из длинного мускула спины и соединенных с ним мышц, расположенных под дерсальными участками ребер; 17) рулет из лопаточной мякоти – получают из лопаточной части прямоугольной разделки с костями, линия разреза в брюшной части проходит приблизительно в 75 мм от мышцы *longissimusdorsi* (длинного мускула спины) и параллельно позвоночному столбу в районе 1-го ребра, мышца *rhomboideus* удаляется, а мышца *subscapularis* (подрезанная) остается твердо-прикрепленной к отрубам; 18) мякоть лопаточной части – получают из передней четвертины путем отделения по естественной линии сращения между ребрами и мышцами *latissimusdorsi*, *trapezius* (надлежащая мышца) и *serratusventralis* (подлежащая мышца), расположена каудально к плечевой кости и под костью лопаточной части и включает в себя значительную часть трехглавых мышц; 19) подрезанная лопатка – получают путем удаления мышцы *subscapularis* со средней поверхности лопаточной кости, эта мышца состоит из трех частей, и она дочищается согласно предъявляемым требованиям; 20) нежная мякоть лопатки – получают из лопатки путем отделения основания лопатки по линии естественного сращения от мышцы *infraspinatus*; 21) основание лопатки – получают из лопатки после отделения мышц *infraspinatus* и *trapezius*, расположенных каудально к плечевой кости, включает в себя значительную часть группы трехглавых мышц; 22) шейная часть – получают из шейной части с костями, при разделке кости, хрящ, обнаженное сухожилие и выйную связку удаляют; 23) шейная часть – отделяется от передней четвертины сортовым отрубом, проходящим параллельно и краниально к первому ребру и через соединение 7-го шейного и 1-го грудного позвонков; 24) голяшка передней четвертины – получают из мышц передней ноги, а именно группы мышц разгибателей и сгибателей, пяточную мышцу ссека удаляют; 25) кости задней и передней ног – получают из задней и передней четвертины после её обвалки; 26) бескостное мясо навалом – получают обрезки мяса и жира после обвалки отрубов[6,7,8].

**Результаты исследований и их обсуждения.** Способ разделки говяжьей полутуши отличается тем, что разрубку на отруба осуществляют по четким анатомическим границам, которым присвоены названия и впоследствии будут присвоены идентификационные номера. На Рисунке 1 показана схема разделки говяжьей полутуши на 2 отруба. Ниже представлены названия 26 отрубов говяжьей полутуши:

1) задняя голяшка бескостная; 2) пяточная мышца; 3) внутренняя часть бедра без верха; 4) глазок бедра; 5) плоский отруб наружной части бедра; 6) огузок; 7) верхняя часть тазобедренного отруба бескостная без верха; 8) вырезка; 9) филейный край; 10) тонкая часть пашины; 11) реберный край грудинки; 12) короткая часть реберного края грудинки; 13) короткая часть реберного края грудинки без верха; 14) грудной отруб

бескостный; 15) тройная верхушка (треугольник); 16) рулет из спинной мякоти; 17) рулет из лопаточной мякоти; 18) мякоть лопаточной части; 19) подрезанная лопатка; 20) нежная мякоть лопатки; 21) основание лопатки; 22) шейная часть; 23) шейная часть; 24) голяшка передней четвертины; 25) кости задней и передней ног; 26) бескостное мясо навалом.

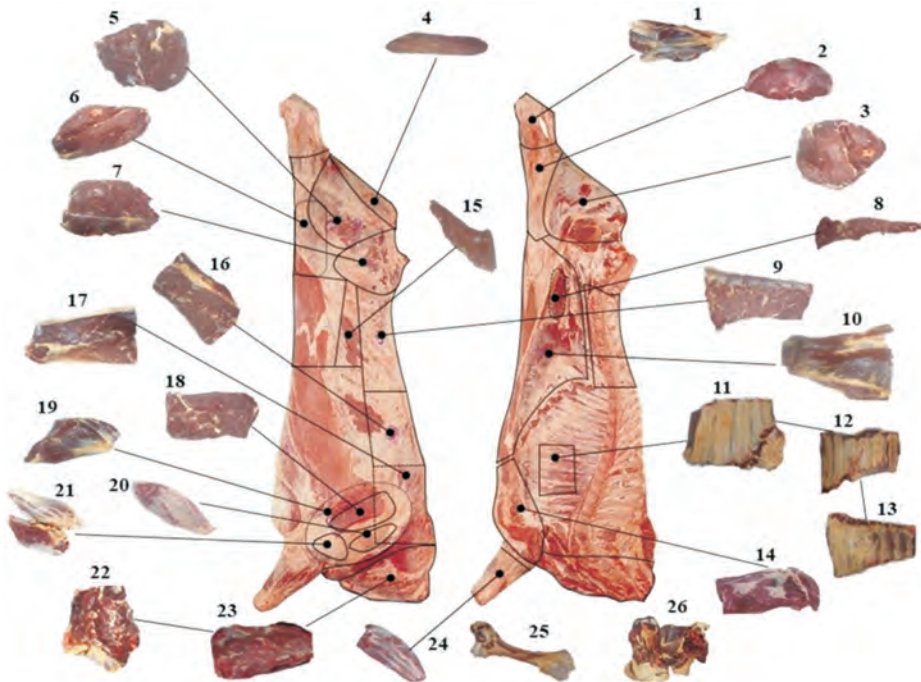


Рисунок 1 – Схема разделки говяжьей полутуши на отрубы

**Заключение.** Таким образом, отличительными признаками предложенного способа разделки говяжьей полутуши являются:

- при использовании новой разделки говяжьей полутуши появляется возможность многократно увеличить количество поставок мяса в зарубежные страны, а значит, впоследствии появляется стимул для увеличения поголовья крупного рогатого скота в нашей стране;
- предлагаемая схема разделки говяжьей полутуши полностью отвечает заявленным требованиям компаний, в частности, необходимое им количество отрубов и очищение от поверхностной пленки и жирового покрова в большинстве отрубов говядины;
- новая разделка говяжьей полутуши отвечает всем международным санитарно-эпидемиологическим нормам и безопасности говядины.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Стандарт ЕЭК ООН на говядину – туши и отрубы. Нью-Йорк, Женева, 2004. [Standart EEK OON na govjadinu – tushi i otruby. N'yu-Jork, Zheneva, 2004.]



2 «ГОСТ 31797-2012. Мясо. Разделка говядины на отрубы. Технические условия» [«GOST 31797-2012. Myaso. Razdelka govyadiny na otruby. Tekhnicheskie usloviya»]

3 Ажмулдинов Е.А. Повышение эффективности производства говядины - Оренбург: Изд-во ОГАУ, 2012. - 270с. [Azhmuldinov E.A. Povyshenie effektivnosti proizvodstva govyadiny - Orenburg: Izd-vo OGAU, 2012. - 270s.]

4 Булатов Д.С. Экспорт мясной продукции: новые возможности «Мясная индустрия» – 2007. – № 2. – С.12-13. [Bulatov D.S. Eksport myasnoj produkcii: novye vozmozhnosti «Myasnaya industriya» – 2007. – № 2. – S.12-13.]

5 Айтпаев А. Резервы увеличения производства говядины //Молочное и мясное скотоводство. 2004.- № 7- С. 18-19. [jtpaev A. Rezervy uvelicheniya proizvodstva govyadiny //Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2004.– № 7– S.18-19.]

6 Татулов Ю.В., Сусь И.В., Миттельштейн Т.М., Небурчилова Н.Ф., Булычев И.Н., Воскресенский С.Б., Современные требования к оценке качества и разделке туш убойных животных. Все о мясе Юбилейный выпуск №4/2005г. – С.42-43 [Tatulov YU.V., Sus' I.V., Mittel'shtejn T.M., Neburchilova N.F., Bulychev I.N., Voskresenskij S.B., Sovremennye trebovaniya k ocenke kachestva i razdelke tush ubojnyh zhivotnyh. Vse o myase YUubilejnyj vypusk №4/2005g. -S42-43]

7 Карвусова Т.И., Стандартизация мяса и мясной продукции.Мясная индустрия №12 -2001, – С.15-18 [Karvusova T.I., Standartizaciya myasa i myasnoj produkcii.Myasnaya industriya №12 – 2001, -S.15-18]

8 Гутник Б.Е., Сусь И.В., Миттельштейн Т.М., Булычев И.Н., Универсальная разделка говяжьих туш. Мясной ряд №2 2005,-С.64-65 [Gutnik B.E., Sus' I.V., Mittelyptejn T.M., Bulychev I.N., Universal'naya razdelka govyazh'ih tush. Myasnoj ryad №2 2005,-S.64-65]

**Г. Т. ОРАЗ, А. Б. ОСПАНОВ, У. Ч. ЧОМАНОВ, А. А. ТУРСУНОВ**

*Қазақ ұлттық аграрлық университеті, Алматы қ., Қазақстан*

### **ЭКСПОРТҚА АРНАЛҒАН СИЫР ЕТІН БӨЛУ ӘДІСІ**

*Эксперимент ет өнеркәсібі саласына жатады және оны көтерме сауда үшін, негізінен экспорт үшін сою пункттерінде сиыр етінің жартылай етін бөлу үшін пайдалануға болады.*

*Ұсынылған эксперименттің техникалық нәтижесі - сиыр етін бөлудің халықаралық стандарттарға сәйкес шетелдік компанияларға экспортқа сатуға мүмкіндік беретіндігінде, өйткені ол осы компаниялар үшін барлық талаптарға толық сәйкес келеді.*

**Түйін сөздер:** *сиыр еті, стандарт, схема, ұша, бөлу, шекара, экспорт, сауда, үйлестіру.*

**G. T. ORAZ, A. B. OSPANOV, U. CHOMANOV, A. A. TURSUNOV,**

*Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan*

### **METHOD FOR CUTTING SEMI-CARRIED BEEF FOR EXPORT**

*The experiment relates to the meat industry and can be used for cutting beef half-carasses in slaughterhouses for wholesale trade, mainly for export.*

*The technical result of the claimed experiment is the cutting of beef half-carass in accordance with international standards, which allows to export beef meat to foreign companies, since it fully meets all the stated requirements for these companies.*

**Key words:** *beef, standard, scheme, carcasses, butchering, border, export, trade, harmonization.*

---

---

## ГОРНОЕ ДЕЛО

УДК: 622.343:622.349

<https://doi.org/10.47533/2020.1606-146X.95>

**М. Ж. БИТИМБАЕВ<sup>1\*</sup>, Г. Б. БАХМАГАМБЕТОВА<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>РОО «Национальная инженерная академия Республики Казахстан», г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Satbayev University, г. Алматы, Казахстан. [mbitimbayev@mail.ru](mailto:mbitimbayev@mail.ru)

### РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ НЕПРЕРЫВНОГО КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА

Предлагаемая нами методика определения технико-экономических показателей деятельности предприятия по кучному выщелачиванию золота основана на существующем опыте работы, анализе необходимых действий по подготовке проекта с наименьшими упущениями и принята за базу при проектировании: обоснование предстоящих затрат на первой стадии изучения и оценки объекта; обоснование предстоящих затрат на второй стадии изучения и оценки объекта; обоснование предстоящих затрат на третьей стадии изучения объекта, сопряженные капитальные затраты и непредвиденные расходы; сравнительная характеристика капитальных затрат на разных стадиях изучения и оценки; организация производства на действующем предприятии.

**Ключевые слова:** кучное выщелачивание, технико-экономические показатели, предприятие, методика, стадии изучения.

Успешное применение кучного выщелачивания предполагает высокую проницаемость руд после того, как они будут подвергнуты дроблению или другим видам обработки и сложены в штабель. При этом ставится цель обеспечить равномерное распределение выщелачивающего раствора при его просачивании через штабель.

Для предварительного исследования были отобраны пробы массой 25 кг окисленной золотосодержащей руды из отвала месторождения Акжал Восточного Казахстана. Представительная проба была отобрана из отвала способом поверхностного вычерпывания, усреднена методом сбрасывания на конце, раздроблена, рассеяна и направлена на разделение по фракциям (табл. 1) [1].

**Таблица 1** – Гранулометрический состав окисленной золотоносной руды месторождения Акжал

Вариант	Выход фракции при дроблении	Содержание золота во фракциях, %	фракция, мм	фракция, %
1	2	3	4	5
	-40...+20	43,0	4,8	

---

\* Адрес для переписки. E-mail: [mbitimbayev@mail.ru](mailto:mbitimbayev@mail.ru)

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5
	-20...+10	34,0	1,3	
	-10...+5	10,0	1,1	
	-5...+2	5,0	0,5	
	-2...0	8,0	0,3	
2	-20...+10	39,1	3,4	
	-10...+5	10,0	0,8	
	-5...+2	16,0	1,0	
	-2...0	23,9	1,6	
3	-10...+5	9,9	0,08	
	-5...+2	36,1	1,38	
	-2...0	54,0	7,08	

Как видно из приведенных в таблице 1 данных, при дроблении руды на фракции минус 40...0 наиболее высокое содержание золота наблюдается во фракции минус 40...+20 (вариант 1). При дроблении руды на фракции минус 20...0 наибольшая доля золота сконцентрирована в более крупной фракции – минус 20...+10.

Следовательно, с целью снижения потерь и повышения коэффициента извлечения золота руда должна быть раздроблена до крупности минус 40+20. При более мелком дроблении, когда основное количество золота сконцентрировано во фракции минус 2+0, склонной к заиливанию, извлечение золота в раствор при выщелачивании может быть низким. Поэтому для мелких фракций рекомендуется процесс окомкования.

Исследования показали, что с увеличением размера кусков руды от 40 мм и более (забойная крупность) извлечение золота снижается на 30%. Измельчение руды до крупности минус 20...0 мм не способствует увеличению извлечения золота, что обусловлено свойствами руды и высокой степенью ее разрушения. Исследования также показали, что в зависимости от крупности руды изменяется количество поглощенной кислоты, а это, в свою очередь, влияет на скорость выщелачивания. В таблице 2 приведены результаты исследований влияния гранулометрического состава руды на ее поглощающие способности для двух типов пород: легко разрушающиеся (крепость 6-8) и трудно разрушающиеся (крепость 8-10) [1, 2].

**Таблица 2** – Зависимость поглощающей способности рудой цианистой кислоты от гранулометрического состава

Тип руды	Гранулометрический состав руды после дробления	
	фракция, мм	выход фракции
1	2	3
Трудно разрушаемая	-40...+20	62,4
	-20...+10	20,4

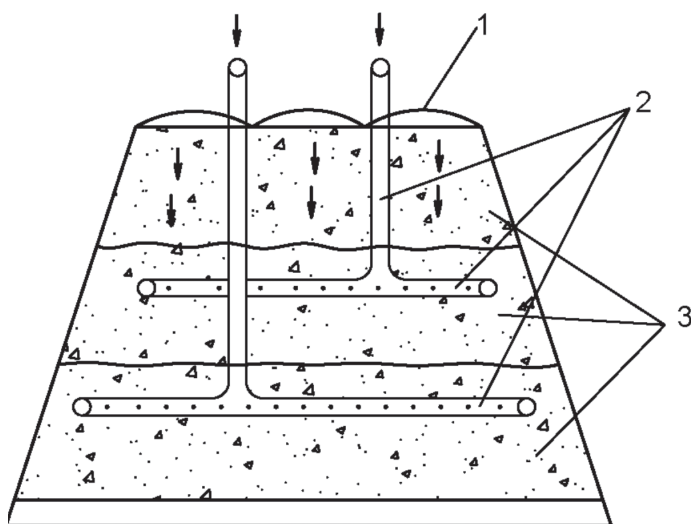
1	2	3
	-10...+5	7,3
	-5...+2	3,4
	-2...0	6,8
Легко разрушаемая	-40...+20	43,0
	-20...+10	34,0
	-10...+5	10,0
	-5...+2	5,0
	-2...0	8,0

Полученные результаты позволили перейти к следующему этапу исследований – к определению способа складирования и последовательности складирования в зависимости от гранулометрического состава.

Укладку руды в штабель и ее обработку концентрированной кислотой предложено осуществлять особым образом. Куче при выдержке придается форма полусферы, причем крупные фракции руды закладываются в нижнюю часть кучи, а мелкие фракции – сверху. Это обеспечивает сохранение тепла внутри кучи длительное время и улучшает процесс вскрытия минералов за счет лучшего сохранения тепла, выделяемого при экзотермических реакциях [1, 3].

Нами рассмотрены и изучены конструкции штабеля для кучного выщелачивания [2]. Рудный штабель и подстилающая подушка проектируются как устойчивые конструкции, содержащие как твердую фазу, так и жидкий продуктивный раствор. В настоящее время используются три основных метода сооружения рудных куч и подстилающей подушки: метод с многократно используемой подушкой, метод постоянно наращиваемого штабеля и метод желобного выщелачивания. Укладывание руды в штабель производится с использованием фронтального погрузчика и конвейерного стакера. Для повышения степени извлечения золота нами предлагается осуществлять многослойное формирование кучи с прокладкой сети трубопроводов, подающих выщелачивающий раствор (рис. 1) [2, 4].

Выщелачивающий раствор подается на штабель с помощью насосной системы, обеспечивающей достаточное давление на оросителе при разбрызгивании выщелачивающего раствора. Разбрызгивание производится с помощью вращающихся оросителей, равномерно распределяющих раствор по штабелю с интенсивностью подачи 0,002-0,003 л/с/м<sup>2</sup>. Такая интенсивность подачи обеспечивает скорость проникновения раствора через штабель не менее 10<sup>-4</sup>см/с. Химическая реакция, при которой металлы под влиянием цианида переходят в раствор, требует кислорода; его дополнительному привносу через свободно вентилируемую массу руды способствует разбрызгивание.



**Рисунок 1** – Схема многослойного формирования кучи.

1 – система орошения; 2 – трубы для дополнительной подачи раствора в сформированные слои; 3 – сформированные слои.

Также подача раствора нередко осуществляется также с помощью скрытых трубопроводов, расположенных под крышкой штабеля. Такая конструкция может препятствовать замерзанию раствора зимой или же чрезмерных потерь его от испарения, как это нередко случается при разбрызгивании.

Поток раствора через штабель проходит практически вертикально от поверхности штабеля до основания. Выдержка смоченной золотоносной руды составляет 24 часа. После чего она погрузчиком переносится на площадку для выщелачивания, где укладывается ровным слоем высотой 2-3 м, а затем включается система орошения руды выщелачивающим раствором при концентрации цианистой кислоты в выщелачивающем растворе 0,5 г/л с использованием агрегата типа дождевальной установки. Время загрузки руды составляет 0,5 суток.

Процесс орошения руды на площадке длится трое суток. На четвертые сутки производится промывка руды в течение 0,5 суток, а также выгрузка промытой руды, также в течение следующих 0,5 суток. Затем производится следующий цикл работы в течение 4,5 суток, который начинается с загрузки освобожденной площадки новой порцией руды, смоченной концентрированной цианистой кислотой и т.д.

Продуктивный раствор (содержащий растворенный металл) отбирается из штабеля через систему труб или специальных каналов. Для улучшения сбора раствора часто используются перфорированные дренажные трубы, устанавливаемые в дренажном слое прямо на поверхности подушки. Дренажные трубы могут быть непосредственно подсоединены к системе трубопроводов для сбора продуктивного раствора и иметь общий выход коллектор продуктивного раствора, либо раствор может отводиться через специальный канал (траншею).

При реализации технологии извлечение золота – на уровне 81%, уменьшение капитальных затрат на строительство на 25-30%, снижение эксплуатационных затрат на получение концентрата металлов на 20-30%, повышение производительности труда на обогащении на 15-40% [2, 5].

Актуальность и практическая значимость предлагаемых новых технологических решений для кучного выщелачивания металлов заключается в следующем:

– повышается эффективность кучного выщелачивания за счет подачи растворов внутрь горной массы в динамическом режиме;

– появляется возможность контроля извлечения металлов в различных частях замагазинированной в штабелях КВ горной массы, возможность аэрации горной массы, подачи специальных активаторов процесса выщелачивания и т.п.;

– появляется возможность размещения зарядов ВВ в местах переуплотнения горной массы для повторного её встряхивания, а также для подачи кислорода как окислительного агента, улучшающего результаты химической реакции по переводу золота в комплексные соединения, и для электромагнитной сегрегации частиц.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Битимбаев М.Ж., Орынгожин Е.С., Джумабаев Е.И. Отчет по результатам НИР «Создание инновационной технологии интенсивного кучного выщелачивания». – Алматы: Национальная инженерная академия РК, 2012-2014. – 145 с. [Kuchnoe vyshchelachivanie zolota. Zarubezhnyj opyt i perspektivy razvitiya //Spravochnik pod redakciej V.V.Karaganova i B.S.Uzhkenova // Moskva – Almaty. 2002. – P.260.]

2 Битимбаев М.Ж., Орынгожин Е.С., Джумабаев Е.И. Обоснование инновационной технологии интенсивного кучного выщелачивания на месторождении Акжал Восточного Казахстана // Труды международного форума «Инженерное образование и наука в XXI веке: проблемы и перспективы», посвященного 80-летию КазНТУ им. К.И.Сатпаева. – Алматы. 2014. – С. 26-31. [Kuchnoe vyshchelachivanie zolota. Zarubezhnyj opyt i perspektivy razvitiya //Spravochnik pod redakciej V.V.Karaganova i B.S.Uzhkenova // Moskva – Almaty. 2002. - P.260.]

3 Кривцов А.И., Беневольский Б.И., Вартанян С.С. Минерально-сырьевая база благородных и цветных металлов к 2025 году. / Под редакцией И.Ф. Мигачева. – М.: ЦНИГРИ, 1996. – 96 с. [Kuchnoe vyshchelachivanie zolota. Zarubezhnyj opyt i perspektivy razvitiya //Spravochnik pod redakciej V.V.Karaganova i B.S.Uzhkenova // Moskva – Almaty. 2002. – P.260.]

4 Кучное выщелачивание золота. Зарубежный опыт и перспективы развития //Справочник под редакцией В.В.Караганова и Б.С.Ужкенова // Москва – Алматы. 2002. - С.260. [ Kuchnoe vyshchelachivanie zolota. Zarubezhnyj opyt i perspektivy razvitiya //Spravochnik pod redakciej V.V.Karaganova i B.S.Uzhkenova // Moskva – Almaty. 2002. – P.260.]

5 Сидельникова Г.В. Опыт применения кучного выщелачивания золота в России // Минеральные ресурсы России. – Москва: Экономика и управление, 2001. – №3. – С.61-66. [Sidel'nikova G.V. Opyt primeneniya kuchnogo vyshchelachivaniya zolota v Rossii // Mineral'nye resursy Rossii. – Moskva: Ekonomika i upravlenie, 2001. - №3. - P.61-66.]



**М. Ж. БІТІМБАЕВ<sup>1</sup>, Г. Б. БАХМАҒАМБЕТОВА<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>«Қазақстан Республикасының Ұлттық инженерлік академиясы» РҚБ,  
Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Satbayev University, Алматы қ., Қазақстан

**АЛТЫНДЫ ҮЗДІКСІЗ ҮЙМЕЛЕП СІЛТІЛЕУДІҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ  
ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖАСАУ**

Ұсынылып отырған өндірістің алтынды үймелеп сілтілеудің техника-экономикалық көрсеткіштерін анықтау әдістемесі негізгі жұмыс тәжірибесіне негізделіп жасалған, сонымен қатар жобалау базасына және жабалауды жақсарту жағдайында керекті сараптамар жасалды: нысананы зерттеу және бағалаудың бірінші кезеңіне жұмсалатын шығындарды негіздеу; нысананы зерттеу және бағалаудың екінші кезеңіне жұмсалатын шығындарды негіздеу; нысананы зерттеу және бағалаудың үшінші кезеңіне жұмсалатын шығындарды негіздеу; нысананы зерттеу және бағалаудың барлық кезеңдеріне жұмсалатын шығындарды салыстыру сипаттамасы; өндірісті іске қосуды ұйымдастыру.

**Түйін сөздер:** үймелеп сілтілеу, техника-экономикалық көрсеткіштер, өндіріс, әдістеме, зерттеу кезеңдері.

**M. BITIMBAEV<sup>1</sup>, G. BAHMAGAMBETOVA<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ROO “National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan»,  
Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

**DEVELOPMENT OF INNOVATIVE TECHNOLOGY FOR CONTINUOUS HEAP  
LEACHING OF GOLD**

The proposed methodology for the determination of technical and economic characteristics of gold heap leaching process is based on the existing experience, the following factors are taken into account: justification of the upcoming costs for the first stage of the study and evaluation of the object; justification of the upcoming expenses for the second stage of the study and evaluation of the object; justification of the upcoming expenses for the third stage of the study of the object, associated capital costs and incidental expenses; comparative characteristics of costs at various stages of examination and assessment; organization of production at the operating enterprise.

**Key words:** heap leaching, technical and economic factors, enterprise, methodology, stages of study.

## НАЦИОНАЛЬНАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

### ХРОНИКА, СОБЫТИЯ, ФАКТЫ

#### Победители Республиканского конкурса «Лучший инженер 2020 года»

В этом году конкурс «**Лучший инженер года**» проводится в шестой раз. Из всех регионов республики поступило 67 заявок от претендентов на это почетное звание. Кандидатуры участников конкурса были рекомендованы отделениями и филиалами НИА РК, областными исполнительными органами и производственными предприятиями. Все претенденты имеют определенные достижения в инженерном деле. В комиссию поступили документы обладателей высоких достижений в решении новых задач и авторов оригинальных идей, представителей различных отраслей, таких как материаловедение, экология, медицина, строительство, метростроение, угольная, металлургия, теплоэнергетика, машиностроение, горнодобывающая, информационные и компьютерные технологии, космическая техника и технология, пищевая и перерабатывающая. Соответственно и география достойных кандидатур инженеров охватывает многие города страны – Нур-Султан, Алматы, Караганда, Павлодар, Усть-Каменогорск, Кызылорда, Тараз, Талдыкорган, Жезказган и др.

Конкурсной комиссией были определены лучшие из лучших инженеров, которыми может гордиться страна.

**26 мая 2021 года Президиум Национальной инженерной академии Республики Казахстан и Союз инженеров Казахстана приняли единогласное решение об утверждении решения Конкурсной комиссии и объявили следующих семь претендентов победителями конкурса «Лучший инженер 2020 года»: Закарья К. Д., Исагулов А. З., Алипбаев К. А., Нефтисов А. В., Байсеит Д. К., Укшебаев М. Т. и Евстифеев В.Н.**

Кратко дадим информацию о достижениях победителей конкурса.

**Закарья К.Д.** является разработчиком казахстанской инактивированной вакцины QazCovid-in (QazVac) против коронавирусной инфекции COVID-19 и технологии ее производства.

Важно отметить, что вакцина QazCovid-in является полностью казахстанской разработкой. Это говорит о высоком международном уровне отечественных разработчиков.

Создание казахстанской вакцины позволило нашей стране войти в пятерку стран мира, разработавших собственные вакцины против коронавирусной инфекции. Это не

только вопрос здоровья населения, это также свидетельство потенциала отечественной науки и применения на практике современных технологий в биофармацевтике, престиж государства. В среднем расчет мощности идет в 500 тысяч доз в месяц. По данным Минздрава, доказана ее полная безопасность, вакцина формирует стойкий иммунитет против коронавирусной инфекции.

Преимущество инактивированной вакцины в том, что она не вызывает вакциноассоциированных заболеваний. Кроме того, методы доставки вакцины QazVac не требуют сложных холодильных установок, транспортируются в холодильнике при температуре плюс 2-8 градусов.

Закарья К.Д. является главным редактором научного журнала «Биобезопасность и биотехнология», автором более 200 научных публикаций, 8 научно-методических пособий, 5 монографий, 29 патентов на изобретение, из них 2 международных патента, 7 нормативно-технических документов по производству профилактических и диагностических препаратов.

**Исагулов А.З.** впервые реализовал технологии производства и обработки износостойких материалов для деталей металлургического оборудования.

Экономический эффект от внедрения новых сплавов и технологий на предприятиях ТОО «Корпорация «Казахмыс», АО «АрселорМиттал Темиртау», ТОО «Карагандинский машиностроительный консорциум», ТОО «КМЗ им. Пархоменко», ТОО «Карагандинский завод комплексных сплавов», ТОО «Мейкер» за 2017-2020 годы составил более 580 млн. тенге. Ожидаемый экономический эффект за 2021-2022 годы составит более 510 млн. тенге.

Также предметом научных исследований Исагулова А.З. является повышение эксплуатационных свойств черных сплавов (износостойкость, жаропрочность, механические свойства).

Методика расчета параметров газозвушноимпульсных формовочных машин Исагулова А.З. используется при разработке и эксплуатации автоматических формовочных линий фирм «Георг Фишер» (Швейцария), «БМД» (Германия) и Кюнкель-Вагнер.

Разработанные приборы для исследования технологических свойств литейных форм внедрены на 20 промышленных предприятиях и фирмах Республики Казахстан.

Исагулов А.З. имеет 1059 печатных научно-методических трудов, автор 185 изобретений.

**Алипбаевым К.А.** разработана инновационная технология создания ракет-носителей (РН) с улучшенными экологическими характеристиками. Данная технология включает направления работ по развитию информационно-аналитических систем космодрома с целью выработки научно-обоснованных рекомендаций по созданию РН с улучшенными экологическими характеристиками, а также направления работ по коренному сокращению районов падения (минимум в 10 раз) отработавших ступеней РН путем выбора точки прицеливания на участке района падения с учетом показателей районирования территорий и себестоимости восстановительных работ.

Предлагаемое решение снижения техногенного воздействия пусков РН в районах падения отработавших ступеней РН включает в себя современные методы повышения

экологической безопасности РН, реализация которых возможна и доступна разработчикам и эксплуатантам РН районов падения, механизмы оценки влияния последствий пуска РН с конкретными тактико-техническими характеристиками на конкретный район падения и их экономическую оценку, а также обеспечивает возможность оценки проектных решений по технологии, схемам и проектно-конструкторским решениям по улучшению экологических характеристик РН.

Разработка очень актуальна в свете того, что экологическая безопасность космической деятельности представляет собой серьезную научную проблему обеспечения национальной безопасности, от решения которой зависит возможность продолжения такой деятельности.

**Нефтисов А.В.** реализует проект «Антивирусные светильники» – уже приступили к этапу коммерциализации, продажи составляют более чем 2,5 млн тг.

Светильник-рециркулятор применяется для освещения в помещениях и для обеззараживания воздуха с помощью встроенной бактерицидной лампы. Используются в помещениях с большим скоплением людей, а также в бытовых помещениях в присутствии и отсутствии людей с помощью обеззараживания воздушного потока в процессе его принудительной циркуляции через корпус, внутри которого размещена бактерицидная лампа 16 W.

Нефтисов А.В. обладает производственным опытом работы. Около шести лет работал в АО «ПАВЛОДАРЭНЕРГО»: начинал со слесаря 4 разряда и вырос до и.о. заместителя начальника цеха тепловой автоматики и измерений по эксплуатации.

Его производственный стаж помогает ему иметь реалистичный взгляд на практическое внедрение разработок. Он также является автором двух «зеленых» научно-инженерных проектов: автономные светильники и активные пешеходные переходы, которые реализованы в рамках поручения Назарбаева Н.А. Является автором 40 научных работ и 9 патентов.

**Байсеит Д.К.**, будучи ответственным руководителем и новатором в производственной и инженерной деятельности, помог компании сохранить рабочие места, а также экономическую выгоду, предложив перепрофилировать асфальтный завод в бетонный завод.

В связи с введением карантинных мер в РК весной 2020 года доходная составляющая бюджета компании была сокращена, так как резко упал спрос на асфальт. Руководством компании был поднят вопрос о временной консервации предприятия и сокращении производственного и частично административного персонала. Для решения данной проблемы Байсеит Д.К., проанализировав рынок Алматинской области, предложил перепрофилировать асфальтный завод «Кредмаш ДС 168.03» в завод по производству бетона и железобетонных изделий ввиду высокого спроса на данную продукцию.

Таким образом, на основании изученных рецептов по производству бетона были приняты инженерные решения по модернизации завода. Благодаря данным изменениям, был в разы сокращен выброс газов и вредных веществ в окружающую среду.

Благодаря предложенным Байсеит Д.К. инженерным решениям по модернизации и рационализации производства, компанией был сохранен производственный потенциал, не было сокращения рабочих мест. За 2020 год прирост чистого дохода после

выплаты обязательных выплат в Государственный бюджет на 3,9% больше аналогичного показателя 2019 года.

Под непосредственным руководством **Укшебаева М.Т.** велось строительство и пуск в эксплуатацию Алматинского метрополитена, который вот уже в течение десяти лет радует жителей города и гостей.

Уникальность проекта заключается:

во-первых, в сложнейших горно-геологических условиях грунта Алматинской подземки, высокой сейсмичности района;

во-вторых, трасса метрополитена первой очереди пролегает под густонаселенным районом города в центральной ее части.

Впервые в пространстве СНГ при строительстве станций глубокого заложения был применен так называемый Новоавстрийский метод (НАТМ) строительства, благодаря чему удалось повысить надежность, качество строительства станций и значительно сократить срок строительства.

Подземные сооружения Алматинского метрополитена являлись полигоном для завода малогабаритных горношахтных машин, выпускаемых заводом «Массагет». Благодаря совместной деятельности специалистов конструкторов завода и специалистов АО «Алматыметрокурылыс», удалось достичь значительных результатов по обеспечению надежности, улучшения эргономики, маневренности и увеличения грузоподъемности подземных машин.

Впервые в пространстве СНГ в Алматинском метрополитене внедрена система WI-FI, которая позволяет работать в автоматическом управлении движения подвижного состава – без машиниста. Удалось достичь того, что любая неисправность энергооборудования моментально определяется дистанционно энергодиспетчером и выдается команда его устранения ремонтной бригаде.

В целях улучшения шумопоглощения при движении пассажирского поезда впервые в пространстве СНГ применен бесшпальный метод укладки рельс. Алматинский метрополитен заслуженно занимает место в десятке метрополитенов мира. Эту высокую планку определили международные эксперты.

Под руководством **Евстифеева В.Н.** была проведена разработка ТЭО тепломагистрали 6-го ввода в г. Нур-Султан протяженностью более 25 км. Основной задачей ТЭО является выбор наиболее эффективного способа строительства тепломагистрали 6 ввода на базе современных технологий, которые обеспечат длительную надежную и безопасную эксплуатацию, снизят эксплуатационные затраты на транспортировку тепловой энергии, повысят энергетическую эффективность тепловых сетей и будут способствовать повышению комфортности проживания населения, надежному обеспечению теплом и горячей водой. В итоге реализации мероприятий по ТЭО были решены следующие задачи, а именно: 1. Снижение потерь в тепловых сетях г. Нур-Султан до нормативного уровня; 2. Увеличение срока эксплуатации тепловых сетей до 30 лет.

Приоритетом рассматриваемого проекта строительства новой тепломагистрали 6 ввода в г. Нур-Султан также является социальная составляющая, направленная на обеспечение потребителей столицы РК надежным централизованным теплоснабжением по приемлемым ценам.

В настоящее время Евстифеев В.Н. является главным инженером проекта со стороны АО «Институт «КазНИПИЭнергопром» и управляет разработкой проекта модернизации ТЭЦ АО «ССГПО» в г. Рудном. Данный проект является, в первую очередь, социально значимым объектом для населения РК. Евстифеев В.Н. имеет 8 патентов на изобретение.

Республиканский конкурс «**Лучший инженер года**» поддерживает талантливых инженеров и дает стимул молодым людям в выборе специальности инженера и повышает их заинтересованность и участие в реализации индустриально-инновационных проектов страны. Ведь именно инженеры принимают прогрессивные технологические решения, создают новую технику и технологии, проектируют производственные процессы.

Сердечно поздравляем всех победителей конкурса и желаем творческих успехов, передовых изобретений и инновационных мыслей!



---

---

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Айдосов А. А. – доктор технических наук, профессор, академик РАЕ, Национальная инженерная академия
2. Айдосов Г. А. – доктор технических наук, профессор, академик РАЕ, Первый зам. генерального директора «КазМунайГаз Аймақ»
3. Алдамжаров К. – д.т.н., профессор АО «Академии Гражданской Авиации»
4. Аликулов А. Ж. – докторант кафедры химии и технологии орг. веществ, природ. соединений и полимеров КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы
5. Амантаева А. – докторантка АО «Алматинский технологический университет»
6. Асанов Т. Н. – УО Каспийский общественный университет (СУ)
7. Азимбаева Г. Е. – и.о. профессора, к.х.н., старший преподаватель
8. Базарбаев Д. О. – PhD, главный специалист НПЦ «ЕНУ-лаб», ЕНУ имени Л.Н Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
9. Базарбай Ж. А. – магистрант, Казахский национальный исследовательский аграрный университет, г. Алматы, Казахстан
10. Бакибаев А. А. – (ин. рук.) д-р хим. наук, профессор ТГУ, Россия
11. Батырбаева Н. – доктор PhD, АО «Алматинский технологический университет»
12. Бахмагамбетова Г. Б. – Satbayev University
13. Баяндиев Е. Н. – докторант 3 курса по специальности «6D060100 – Математика», Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
14. Баямирова Р. У. – кандидат технических наук, доцент, кафедра «Нефтегазовый инжиниринг», Каспийский государственный университет технолог

15. Битимбаев М.Ж. – РОО «Национальная инженерная академия РК и инжиниринга имени Ш.Есенова
16. Борисова Н. Г. – НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», г. Алматы
17. Дарибаев Б. С. – PhD, и.о. доцента, КазНУ имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
18. Долженко Н. А. – кандидат политических наук, ассоц.профессор, АО «Академия Гражданской Авиации», г.Алматы, Казахстан
19. Долинина О. Н. – д. т. н, доцент, проректор Ульяновского государственного технического университета, г. Ульяновск, Россия
20. Дюсембинов Д. С. – к.т.н., доцент, кафедра «Технология промышленного и гражданского», ЕНУ имени Л.Н Гумилева, Мунайтпасова 13, Нур-Султан, Казахстан
21. Егембердиева З. М. – младший научный сотрудник института Информационных и вычислительных технологий МОН РК, г. Алматы
22. Енкебаев С. Б. – к.т.н., доцент, кафедра «Проектирование зданий и сооружений», ЕНУ имени Л.Н Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
23. Жолбасарова А. Т. – кандидат технических наук, доцент, кафедра «Нефтегазовый инжиниринг». Каспийский государственный университет технологии и инжиниринга имени Ш.Есенова
24. Жунусова Л. Х. – к. т. н., доцент, доцент кафедры Информатики и информатизации образования Казахского национального педагогического университета им. Абая г. Алматы
25. Жусупов Е. – магистрант, Казахский национальный исследовательский аграрный университет, г. Алматы, Казахстан
26. Зарубина В. Р. – доцент, к.э.н., Рудненский индустриальный институт, г. Рудный
27. Зарубин М. Ю. – доцент, кандидат технических наук, Рудненский индустриальный институт, г. Рудный
28. Kinam Park – PhD, профессор университета Пурдюю, г. Вест-Лафает, США

- 
29. Коньшин С. В. – к.т.н., доцент ВАК РК, профессор кафедры телекоммуникационных систем и сетей АУЭС, проректор по учебно-методической работе АУЭС, г. Алматы
30. Кошекков К. – д.т.н., профессор АО «Академии Гражданской Авиации»
31. Лукпанов Р. Е. – PhD, ассоциированный профессор, директор НПЦ «ЕНУ-лаб», ЕНУ имени Л.Н Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
32. Мансурова М. Е. – к.ф.-м.н., доцент, заведующая кафедрой искусственного интеллекта и Big Data, КазНУ имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
33. Мун Г. А. – д.х.н., профессор, зав.кафедрой химии и технологии орг. веществ, природ.соединений и полимеров КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы
34. Маратова А. Г. – докторант по специальности - 8D05301-физика, 2 курс, Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, г.Актобе
35. Мясникова Л. Н. – к.ф.-м.н., асс. профессор, директор Департамента науки, Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, г.Актобе
36. Нуранбаева Б. М. – Каспийский общественный университет (CU)
37. Ораз Г. Т. – докторант, старший научный сотрудник, Казахский национальный аграрный университет, г.Алматы, Казахстан
38. Оспанов А. Б. – д. т. н., профессор, член-корреспондент НАН РК, Генеральный директор «КазНИИ ППП»
39. Орынгожин Е. С. – д.т.н., профессор, Казахский национальный исследовательский аграрный университет, г. Алматы, Казахстан
40. Омарова Ш. Ж. – доктор PhD, асс. профессор, Казахский национальный исследовательский аграрный университет, г. Алматы, Казахстан
31. Пирманов И. – докторант АО «Академии Гражданской Авиации», м.э.н.
42. Сарбопеева М. Д. – к.т.н., кафедра «Нефтегазовый инжиниринг», Каспийский государственный университет технологии и инжиниринга имени Ш.Есенова

43. Смаилова К. С. – магистр естественных наук, докторант 3-курса, преподаватель КазНМУ им. С Асфендиярова
44. Тогашева А. Р. – к. т. н., доцент, кафедра «Нефтегазовый инжиниринг». Каспийский государственный университет технологии и инжиниринга имени Ш.Есенова;
45. Толек Д. Т. – студент PhD, КазНУ имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
46. Тюлепбердинова Г. А. – к.ф.-м.н., ст. преподаватель кафедры искусственного интеллекта и Big Data, КазНУ имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
47. Темырканова Э. К. – доктор PhD, зав.кафедрой телекоммуникационных систем и сетей АУЭС, г. Алматы
48. Турсунов А. А. – магистр, старший научный сотрудник, Казахский национальный аграрный университет, г.Алматы, Казахстан
49. Убаев Ж. К. – докторант по специальности – 6D060400-физика, 3 курс, Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, г.Актобе
50. Уразгалиева Ш. М. – магистр, преподаватель кафедры «Информатика и информатизация образования», КазНПУ им. Абая
51. Чоманов У. Ч. – доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, заведующий отделом лаборатории «Животноводства и растениеводства»
52. Шавдинова М. Д. – НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», г. Алматы
53. Шалабай А. Б. – магистрант, Казахский национальный исследовательский аграрный университет, г. Алматы, Казахстан
54. Шайза С. М. – магистрант, КазНУ имени аль-Фараби, ТОО «Geovision group», г. Алматы, Казахстан
55. Шункеев К. Ш. – д.ф.-м.н., профессор, директор научного центра «Радиационная физика материалов», Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, г. Актобе

## СОДЕРЖАНИЕ

### КЛЮЧЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

*Б. Т. Жумагулов.* Будущее нефтегазового комплекса ..... 5

### ИНЖЕНЕРНАЯ МЕХАНИКА

*Алдамжаров К., Кошекков К., Пирманов И.* Вибрация турбинных двигателей с критерием качественного сбора ротора и их техническое состояние..... 8

*Долженко Н. А.* Падение уровня деятельности авиатранспортного сектора в результате вспышки пандемии COVID-19 ..... 18

*Мун Г. А., Егембердиева З. М., Темырканова Э. К., Коньшин С. В., Аликулов А. Ж., Kinat Park.* Эквивалентные радиотехнические схемы систем на основе полиэлектrolитных гидрогелей и их практическое использование ... 27

### ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

*Баяндиев Е. Н.* Об операторе Штурма-Лиувилля с отрицательным параметром в пространстве  $L_2(R)$  ..... 34

*Борисова Н. Г., Шавдинова М. Д.* Математическая модель конденсатора паровой турбины ..... 41

*Жунусова Л. Х.* Исследование динамики билинейных систем с параметром ..... 47

*Маратова А. Г., Убаев Ж. К., Шункеев К. Ш., Мясникова Л. Н.* Цифровая технология сканирования люминесцентных характеристик щелочногалогенидных кристаллов ..... 55

*Орынгожин Е. С., Омарова Ш. Ж., Жусупов Е., Шалабай А. Б., Базарбай Ж.А.* Оценка сельскохозяйственных земель с применением геоинформационных систем ..... 62

*Толек Д. Т., Долинина О. Н., Мансурова М. Е., Тюлепбердинова Г. А.* Модель сбора твердых бытовых отходов на основе Интернета вещей ..... 67

*Шайза С. М., Дарибаев Б. С.* Қоғамдық тамақтандыру мекемелерін GPS деректері бойынша анықтау мүмкіншілігімен тапсырыс қабылдауды оңтайландыру ..... 76

## **НЕФТЯНАЯ ОТРАСЛЬ**

<i>Нуранбаева Б. М., Асанов Т. Н.</i> Гидроразрыв пласта как метод повышения нефтеотдачи .....	86
--	----

## **ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

<i>Дюсембинов Д. С., Лукпанов Р. Е., Базарбаев Д. О., Енкебаев С. Б.</i> Лабораторные исследования по оценке влияния модифицированных добавок на качество газобетона .....	91
--	----

## **ЭКОЛОГИЯ**

<i>Айдосов А. А., Айдосов Г.А., Баямирова Р. У., Тогашева А. Р., Жолбасарова А. Т., Сарбопеева М.Д., Уразгалиева Ш.М.</i> Оценка экологического состояния промышленного региона при загрязнении активными примесями .....	103
---	-----

## **ЭКОНОМИКА**

<i>Зарубина В.Р., Зарубин М.Ю.</i> Умная специализация для развития малого и среднего предпринимательства в Республике Казахстан.....	111
---	-----

## **АГРОПРОМЫШЛЕННОСТЬ**

<i>Амантаева А. А., Батырбаева Н. Б.</i> Сафлор – ценная кормовая культура .....	121
--	-----

<i>Ораз Г. Т., Оспанов А. Б., Чоманов У. Ч., Турсунов А. А.</i> Способ разделки говяжьей полутуши для экспорта .....	125
--	-----

## **ГОРНОЕ ДЕЛО**

<i>Битимбаев М. Ж., Бахмагамбетова Г. Б.</i> Разработка инновационной технологии непрерывного кучного выщелачивания золота .....	130
--	-----

<b>ХРОНИКА, СОБЫТИЯ, ФАКТЫ</b> .....	136
--------------------------------------	-----

<b>СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ</b> .....	141
----------------------------------	-----



## CONTENTS

### KEY PROBLEMS of the OIL and GAS COMPLEX of the REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

<i>Zhumagulov B. T.</i> The future of the oil and gas complex .....	5
---	---

### ENGINEERING MECHANICS

<i>Aldamzharov K., Koshekov K., Pirmanov I.</i> Vibration of turbine engines with criterion for qualitative rotor collection and their technical condition.....	8
---	---

<i>Dolzhenko N. A.</i> Decline in air transport sector performance as a result of covid-19 pandemic outbreak .....	18
--	----

<i>Mun G. A., Yegemberdyeva Z. M., Temyrkanova E. K., Konshin S. V., Alikulov A. Zh., Kinam Park</i> . Equivalent radio engineering schemes of systems based on polyelectrolyte hydrogels and their practical use .....	27
---	----

### APPLIED MATHEMATICS AND INFORMATION TECHNOLOGY

<i>Bayandiyev Ye. N.</i> About the Storm-Liouville operator with negative parameter in space $L_2(R)$ .....	34
---	----

<i>Borissova N. G., Shavdinova M. D.</i> Mathematical model of a steam turbine condenser .....	41
--	----

<i>Zhunussova L. Kh.</i> Study of dynamics of bilinear systems with parameter ...	47
---	----

<i>Maramova A. G., Ubayev Zh. K., Shunkeyev K. Sh., Myasnikova L. N.</i> A digital technology for scanning the luminescent characteristics of alkali halide crystals .....	55
--	----

<i>Oryngozhin E. S., Omarova Sh. Zh., Zhusupov E. , Shalabay A. B., Bazarbay Zh. A.</i> Ekonomicheskaya the assessment of farmlands with application of geographic information systems .....	62
--	----

<i>Tolek D. T., Dolinina O. N., Mansurova M. E., Tyulepberdinova G. A.</i> IOT-based municipal solid waste collection model .....	67
---	----

<i>Shaiza S. M., Daribayev B. S.</i> Optimization of order acceptance with the ability to identify public catering establishments based on gps data .....	76
---	----

### OIL INDUSTRY

<i>Nuranbayeva B. M., Asanov T. N.</i> Hydraulic facing as a method to increase oil recovery .....	86
--	----

## CHEMICAL TECHNOLOGY

<i>Duman S. Dusembinov, Rauan E. Lukpanov, Daniyar O. Bazarbayev, Serik B. Yenkebayev. Laboratory studies to assess the effect of modified additives on the quality of aerated concrete .....</i>	91
---	----

## ECOLOGY

<i>Aidossov A. A., Aidossov G. A., Bayamirova R. Y., Togasheva A. R., Zholbassarova A. T., Sarbopeyeva M. D., Urazgaliyeva M. D. Estimation of the environmental condition of the industrial region at pollution by active impurities ....</i>	103
--	-----

## ECONOMY

<i>Zarubin R. V., Zarubin M. Y. Smart specialization for the development of small and medium-sized businesses in the Republic of Kazakhstan.....</i>	111
--	-----

## AGROINDUSTRY

<i>Amantaeva A. A., Batyrbaeva N. B. Safflower – is a valuable forage crop .....</i>	121
<i>Oraz G. T., Ospanov A. B., Chomanov U, Tursunov A. A. Method for cutting semi-carried beef for export .....</i>	125

## MINING

<i>Bitimbaev M., Bahmagambetova G. Development of innovative technology for continuous heap leaching of gold .....</i>	130
--	-----

<b>THE CHRONICLE, EVENTS, FACTS .....</b>	136
---	-----

<b>THE INFORMATION ABOUT AUTHORS.....</b>	141
---	-----

Редактор *М. Ахметова*  
Верстка на компьютере *Е.В. Огурцовой*

Адрес редакции:  
Национальная инженерная академия РК  
*050010, г. Алматы, ул. Богенбай батыра, 80*  
*Тел. 8(727)-2915290*

Подписано в печать 21.06.2021 г.  
Гарнитура Таймс. Формат 70x100  $\frac{1}{16}$ .  
Уч.-изд. л. 10,8. Тираж 1000 экз.

*Отпечатано в типографии ТОО «Luxe Media Publishing»*