



ISSN 2713-220X

**НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ:  
ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

**2020 № 1 (Том 1)**

**SCIENTIFIC RESEARCHES:  
RESULTS AND PROSPECTS**

## 2020 № 1 (Том 1)

### СОДЕРЖАНИЕ

<b>ОБРАЩЕНИЕ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА</b>	3
<b>ТЕХНОЛОГИИ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ</b> <i>Алиев Р.М., Мунгиев А.А., Бадавов Г.Б., Курбанов Ш.М., Алибеков А.К., Абдулкадыров А.С.</i> Взаимосвязь технологической и природоохранной деятельности при бурении, освоении и эксплуатации месторождений углеводородного сырья на Каспийском море	4
<i>Алибеков А. К., Мухучев А. М., Алибеков Г.А.</i> Автоматизация проектирования быстротоков	18
<b>ТЕХНОЛОГИИ, ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ</b> <i>Ибрагимова Л.Р., Исламов М.Н., Салаватова К.Ш.</i> Безотходная технология производства пищевых порошков из виноградных выжимок	30
<i>Демирова А.Ф.</i> Математическое моделирование процесса высокотемпературной стерилизации компотов в потоке нагретого воздуха с вращением банок	35
<b>РАДИОТЕХНИКА, МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКА</b> <i>Исмаилов Т.А., Шахмаева А.Р., Алиева Б.А., Темирханова Л.И.</i> Оптимизация технологии изготовления диффузионных кремниевых структур	41
<b>СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА</b> <i>Федоренко В.А., Соловьев Л.Ю.</i> Применение соединений с натягом в узлах конструкций пешеходных мостов	45
<b>ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ</b> <i>Азимова Ф.Ш., Гаджимурадова Р.М., Шагина Н.А.</i> Защита кожи человека от ультрафиолетового излучения природными красителями	49
<i>Исмаилов Э.Ш., Султанов Ю.М., Минхаджеев Г.М., Абдулмагомедова З.Н., Дибирова М.М.</i> Использование мембрано-активных излучений в биотехнологии	54
<b>ТРАНСПОРТ</b> <i>Климов А.В., Ухов И.В., Рябцев Ф.А., Карелина М.Ю.</i> Об эквивалентных режимах работы трансмиссий транспортных средств с тяговым электроприводом	61
Правила оформления и представления статей	69

Учредитель и издатель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дагестанский государственный технический университет»

#### Редакционная коллегия:

Н.С. Суракатов, к.э.н., доцент, главный редактор (Махачкала)  
Г.Х. Ирзаев, к.т.н., доцент, зам. главного редактора (Махачкала)  
А.Д. Абакаров, д.т.н., профессор (Махачкала)  
Г.М. Абакаров, д.х.н., доцент (Махачкала)  
Э.К. Агаханов, д.т.н., профессор (Махачкала)  
А.П. Адамов, д.т.н., профессор (Махачкала)  
Р.М. Алиев, д.т.н., профессор (Махачкала)  
Х.Х. Ахмадова, д.т.н., профессор (Грозный)  
М.Э. Ахмедов, д.т.н., доцент (Махачкала)  
М.У. Ахмедпашаев, д.т.н., доцент (Махачкала)  
Р.В. Гусейнов, д.т.н., профессор (Махачкала)  
Т.А. Исмаилов, д.т.н., профессор (Махачкала)  
М.Ю. Карелина, д.т.н., профессор (Москва)  
Д.А. Магомедов, д.т.н., профессор (Махачкала)  
К.П. Манжула, д.т.н., профессор (С-Петербург)  
А.Н. Остриков, д.т.н., профессор (Воронеж)  
Г.К. Сафаралиев, д.ф.-м.н., профессор, чл.-корр. РАН (Москва)  
А.Р. Тагилаев, д.т.н., профессор (Махачкала)  
С.У. Увайсов, д.т.н., профессор (Москва)  
О.М. Устарханов, д.т.н., профессор (Махачкала)  
Н.К. Юрков, д.т.н., профессор (Пенза)

При перепечатке ссылка на журнал «Научные исследования: итоги и перспективы» обязательна.

Все поступившие в редакцию материалы подлежат рецензированию.

Мнения авторов могут не совпадать с точкой зрения редакции.

Редакция в своей деятельности руководствуется рекомендациями Комитета по этике научных публикаций (Committee on Publication Ethics).

Условия публикации статей размещены на сайте: <http://dstu.ru>.

Журнал включен в базы данных eLIBRARY и индексируется в национальной информационно-аналитической системе – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Адрес редакции: 367026, Республика Дагестан, г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 70  
Телефон: +7 (8722) 62 37 15

E-mail: [naukajournal@mail.ru](mailto:naukajournal@mail.ru).

ISSN 2713-220X

**2020 № 1 (Vol.1)**

**CONTENTS**

<b>ADDRESS OF THE CHIEF EDITOR</b>	3
<b>OIL AND GAS PRODUCTION TECHNOLOGIES</b>	
<i>Aliev R.M., Mungiev A.A., Badavov G.B., Kurbanov Sh.M., Alibekov A.K., Abdulkadyrov A.S.</i> Interconnection of technological and environmental protection activities during drilling, development and operation of hydrocarbon deposits in the Caspian Sea	4
<i>Alibekov A.K., Mukhuchev A.M., Alibekov G.A.</i> High Speed Design Automation	18
<b>TECHNOLOGIES, PROCESSES AND DEVICES OF FOOD PRODUCTION</b>	
<i>Ibragimova L.R., Islamov M.N., Salavatova V.S.</i> Non-waste technology for the production of food powders from grape marc	30
<i>Demirova A.F.</i> Mathematical modeling of high-temperature sterilization of compotes in a heated air stream with rotation of cans	35
<b>RADIO ENGINEERING, MICRO- AND NANOELECTRONICS</b>	
<i>Ismailov T.A., Shakhmaeva A.R., Alieva B.A., Temirkhanova L.I.</i> Optimization of manufacturing technology of diffusion silicon structures	41
<b>CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE</b>	
<i>Fedorenko V.A., Soloviev L.Yu.</i> The use of interference fit in the nodes of the construction of pedestrian bridges	45
<b>CHEMICAL TECHNOLOGIES</b>	
<i>Azimova F.Sh., Gadzhimuradova R.M., Shagina N.A.</i> Protection of human skin from ultraviolet radiation by natural dyes	49
<i>Ismailov E.Sh., Sultanov Yu.M., Minkhadzhev G.M., Abdulmagomedova Z.N., Dibirova M.M.</i> The use of membrane-active radiation in biotechnology	54
<b>TRANSPORT</b>	
<i>Klimov A.V., Ukhov I.V., Ryabtsev F.A., Karelina M.Yu.</i> On equivalent modes of operation of transmissions of vehicles with traction electric drive	61
Rules for writing and submitting articles	69

Founder and Publisher: federal state budgetary educational institution of higher education «Daghestan State Technical University»

**Editorial team:**

N.S. Surakatov, Ph.D., Associate Prof., Chief editor (Makhachkala)  
G.Kh. Irzaev, Ph.D., Associate Prof., Deputy Chief Editor (Makhachkala)  
A.D. Abakarov, Doctor of Science, Prof. (Makhachkala)  
G.M. Abakarov, Doctor of Science, Associate Prof. (Makhachkala)  
E.K. Agakhanov, Doctor of Science, Prof. (Makhachkala)  
A.P. Adamov, Doctor of Science, Prof. (Makhachkala)  
R.M. Aliev, Doctor of Science, Prof. (Makhachkala)  
H.H. Akhmadova, Doctor of Science, Prof. (Grozny)  
M.E. Akhmedov, Doctor of Science, Associate Prof. (Makhachkala)  
M.U. Akhmedpashaev, Doctor of Science, Associate Prof. (Makhachkala)  
R.V. Huseynov, Doctor of Science, Prof. (Makhachkala)  
T.A. Ismailov, Doctor of Science, Prof. (Makhachkala)  
M.Yu. Karelina, Doctor of Science, Prof. (Moscow)  
D.A. Magomedov, Doctor of Science, Prof. (Makhachkala)  
K.P. Manzhula, Doctor of Science, Prof. (St. Petersburg)  
A.N. Ostrikov, Doctor of Science, Prof. (Voronezh)  
G.K. Safaraliev, Doctor of Science, Prof. (Moscow)  
A.R. Tagilayev, Doctor of Science, Prof. (Makhachkala)  
O.M. Ustarkhanov, Doctor of Science, Prof. (Makhachkala)  
S.U. Uvaisov, Doctor of Science, Prof. (Moscow)  
N.K. Yurkov, Doctor of Science, Prof. (Penza)

When reprinting a link to the journal «Scientific researches: results and prospects» required.  
All materials received by the editors subject to review. The opinions of the authors may not coincide with the views of the publisher.  
The editors in their activities guided by the recommendations of the Committee on Publication Ethics.  
The conditions for publishing articles are available on the website: <http://dstu.ru>.  
The journal is included in the eLIBRARY databases and indexed in the national information and analytical system - Russian Science Citation Index (RSCI).

Editorial office: 70 I. Shamily Ave., Makhachkala, Republic of Daghestan, 367026, Russia.  
Tel.: +7 (8722) 62 37 15  
E-mail: [naukajournal@mail.ru](mailto:naukajournal@mail.ru).

**ISSN 2713-220X**

## **ОБРАЩЕНИЕ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА**

### **Дорогие авторы и читатели!**

Выходит в свет первый номер нового научно-технического журнала «Научные исследования: итоги и перспективы».

Выходу журнала предшествовала кропотливая работа редакции и редакционной коллегии, связанная с проработкой концепции издания, его регистрацией, созданием сайта, сбором, рецензированием, редактированием и размещением научных публикаций.

В первом номере журнала опубликовано девять статей, посвященных технической проблематике в области микроэлектроники, транспорта, строительства, нефтегазовых технологий и пищевых производств.

Все статьи обладают научной новизной, актуальностью и посвящены решению научно-технических проблем. Отрадно, что среди авторов нашего журнала есть молодые начинающие исследователи – студенты и аспиранты, которые на страницах своих статей делятся с научным миром результатами проделанных изысканий. Авторами первого номера также стали ученые, уже достигшие определенных успехов на научной ниве – это доктора и кандидаты наук, преподаватели вузов и эксперты в области различных инженерно-технических отраслей. Всех их объединяет любовь к знаниям и стремление донести результаты своих исследований до мирового научного сообщества. Судя по географии авторов, с уверенностью можно сказать, что журнал «Научные исследования: итоги и перспективы» стал изданием всероссийского формата. В первый номер вошли статьи исследователей не только из Махачкалы, но и Новосибирска и Москвы.

Сегодня перед нашим журналом стоят амбициозные задачи, направленные на развитие современного научно-технического знания и научного сотрудничества с использованием последних достижений в области информационных технологий. Наш журнал открыт для интеллектуальных дискуссий и обмена мнениями по широкому кругу научных вопросов. Уверен, что запускаемый нами проект станет интересной и содержательной российской площадкой для обсуждения актуальных вопросов, связанных с развитием современной науки.

Приглашаю к активному сотрудничеству всех коллег из регионов России и желаю авторам и читателям журнала творческих успехов в научных исследованиях!

В добрый путь!

**С уважением, главный редактор,  
ректор Дагестанского государственного технического университета,  
кандидат экономических наук  
Н.С. Суракатов**



## ВЗАИМОСВЯЗЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРИРОДОЗАЩИТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ БУРЕНИИ, ОСВОЕНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ НА КАСПИЙСКОМ МОРЕ

Р.М. Алиев<sup>1</sup>, А.А. Мунгиев<sup>2</sup>, Г.Б. Бадавов<sup>3</sup>, Ш.М. Курбанов<sup>1</sup>,  
А.К. Алибеков<sup>1</sup>, А.С. Абдулкадыров<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Дагестанский государственный технический университет

<sup>2</sup> Научно-производственная фирма «СИНТЭКО-Н»

<sup>3</sup> Институт проблем геотермии и возобновляемой энергетики (фил. ОИВТ РАН)

Махачкала

georpmo00@yandex.ru

**Аннотация.** Сформулированы основные положения природозащитной деятельности при добыче, транспортировке и переработке углеводородного сырья на территории прибрежных районов прикаспийского региона России и в акватории российской части дна Каспия. В основу концепции положен тезис о сочетании экологических, экономических и социальных интересов человека, общества и государства в целях обеспечения устойчивого развития и благоприятной окружающей среды с учетом уникальности экологической, социально-демографической и геополитической ситуации в регионе.

В проекте концепции на основе анализа и обобщения основных принципов природоохранной политики ведущих нефтяных компаний, действующих в каспийском регионе, перспективных научных разработок в области протекции окружающей среды и собственных исследований приводится технологическое и технико-экономическое обоснование эффективности и перспективности предлагаемого комплексного подхода к решению задачи практической реализации концепции «нулевого сброса» для всех природных сред: водной, воздушной и почвенно-донной.

Концепция реализуема при разведке и эксплуатации углеводородных ресурсов как в регионе Каспийского моря, так и в других шельфовых зонах.

**Abstract.** The main provisions of environmental protection activities in the extraction, transportation and processing of hydrocarbons in the coastal regions of the Caspian region of Russia and in the waters of the Russian part of the bottom of the Caspian are formulated. The concept is based on the thesis of a combination of ecological, economic and social interests of a person, society and the state in order to ensure sustainable development and a favorable environment, taking into ac-

count the uniqueness of the ecological, socio-demographic and geopolitical situation in the region.

Based on the analysis and generalization of the basic principles of the environmental policy of leading oil companies operating in the Caspian region, promising scientific developments in the field of environmental protection and our own research, the draft concept provides a technological and feasibility study of the effectiveness and prospects of the proposed integrated approach to solving the problem of practical implementation of the concept of "zero discharge" for all natural environments: water, air and soil-bottom.

The concept is feasible in the exploration and exploitation of hydrocarbon resources both in the Caspian Sea region and in other offshore zones.

**Ключевые слова:** Каспийское море, концепция, нулевой сброс, добыча, транспортировка, переработка углеводородного сырья, бурение, нефть, газ, охрана окружающей среды, наилучшие доступные технологии, безотходные технологии, устойчивое развитие.

**Keywords:** Caspian Sea, concept, zero discharge, production, transportation, processing of hydrocarbons, drilling, oil, gas, environmental protection, best available technologies, waste-free technologies, sustainable development

### **Введение**

С момента начала промышленного освоения нефтегазовых ресурсов шельфа и по сию пору этот вид деятельности привлекает к себе повышенное внимание экологической науки, природоохранных кругов и общественности многих стран мира. Причины тому самые разные, и главная среди них состоит в том, что эта относительно новая и набирающая силу отрасль мировой индустрии как бы «встроена» в уникальную и легко ранимую природу морского шельфа, которая уже находится под мощным прессом других видов деятельности человека. Антропоидные нарушения морского шельфа могут быстро распространяться, не признавая никаких суверенитетов, территориальных вод и экономических зон.

Отсюда – международное звучание многих проблем экологии морского нефтегазового комплекса и, прежде

всего, тех из них, которые касаются контроля, регламентации и регулирования его деятельности.

Природоохранная стратегия на национальном и международном уровнях в отношении освоения ресурсов нефти и газа на морском шельфе зависит от взаимодействия многих факторов и, зачастую, столкновения многих интересов – экологических, экономических, социальных, энергетических и других. Результаты «состязания интересов» определяют, в конечном счете, характер решений по поводу промышленного использования этих ресурсов в той или иной стране или регионе. При этом учитываются балансы интересов сегодняшнего дня и будущего, возможности использования альтернативных источников энергии (атомной энергетики, каменного угля и др.) и многие другие обстоятельства.

Как правило, исследователи рассматривают прикаспийский регион и

проблемы Каспийского региона с позиций внешнего наблюдателя, отдавая приоритет в рассмотрении в основном проблемам геополитики и минерально-ресурсного потенциала, в основном – нефтегазового, то есть вопросам эксплуатации возможностей и преимуществ региона как источника экономических и геополитических преференций внешним факторам.

Тем не менее мы считаем необходимым заметить, что в Прикаспии сегодня проживает более 120 миллионов человек в пяти странах, у которых на первом плане насущные экономические, экологические, социальные, культурные, этнорелигиозные и многие другие проблемы. В Прикаспии сегодня проживают представители 200 этнических общностей и четырех основных конфессий.

Каспийский регион уникален как особая историко-географическая зона тысячелетних межэтнических и межкультурных взаимодействий. Традиция диалога цивилизаций и культур в Прикаспии – основа для стабильных международных отношений в настоящем и будущем. Для Каспийского региона издавна было характерным широкое разнообразие цивилизаций, культур и религий. По северному и южному Прикаспию в древности и средневековье был проложен Великий Шёлковый путь из Азии в Европу, по которому шла активная торговля между Востоком и Западом. И вся эта социально-культурная, экономическая и этноконфессиональная агломерация имеет свое поле интересов и устремлений, приоритеты которых далеко не всегда совпадают с взглядом внешнего фактора.

### **Материал и методы исследования**

Приступая, с учетом вышесказанного, к рассмотрению достаточно частной проблемы природозащитной деятельности при добыче, транспортировке и переработке углеводородного сырья на Каспийском море, основной задачей работы считаем приоритет учета интересов народов, проживающих в прикаспийском регионе, в целях обеспечения устойчивого развития и долгосрочного сохранения приемлемого качества жизни и окружающей среды, достижения разумного (оптимального) с точки зрения людей, населяющих Прикаспий, компромисса между экономическим уровнем жизни и здоровой окружающей средой.

*Значимость региона.* Общепланетарная значимость Каспийского моря неоднократно подчеркивалась во многих исследованиях и публикациях. В настоящей работе не ставилась задача обсуждения этого уже общеизвестного факта. Достаточно лишь напомнить, что Каспийское море является уникальным природным объектом двух континентов – Европы и Азии. Самое большое внутреннее море мира, содержащее около 44% объема воды всех озер и внутренних морей мира, Каспийское море является местообитанием разнообразной флоры и фауны. Бассейн Каспия по своему значению можно считать глобальной экосистемой, главным миграционным путём и местообитанием водоплавающих и береговых птиц, а также около 85% рыб осетровых пород всего мира.

*Геополитический аспект.* Зона Каспийского моря и прикаспийских территорий сегодня привлекает к себе внимание многих стран мира не только

своими богатыми запасами углеводородов, но и особенностями геополитического и геостратегического порядка, что и предопределяет экономические, политические и военно-стратегические интересы ведущих субъектов мировой политики. Каспийский регион фактически стал полем многовекторного соперничества и противоборства между теми государствами и силами, которые хотели бы доминировать в этом стратегически важном регионе мира. Сегодня Каспийский регион находится в фокусе интересов России, Западной Европы, США, а также влиятельных государств Востока – Ирана и Турции, и других государств, претендующих на роль региональных лидеров. Растущее внимание региону уделяют Китай, Япония и другие государства. Таким образом, стратегическая значимость Каспия обуславливается наличием не только значительных запасов полезных ископаемых, а также транспортных коридоров, соединяющих Европу и Азию.

*Биоресурсы.* Животный мир Каспия представлен 1810 видами, из которых 415 относятся к позвоночным. В Каспийском море зарегистрирован 119 видов рыб, в нем же сосредоточено большинство мировых запасов осетровых, а также таких пресноводных рыб, как вобла, сазан, судак. Каспийское море – среда обитания таких рыб, как карп, кефаль, килька, кутум, лещ, лосось, окунь, щука. В Каспийском море также обитает морское млекопитающее – каспийский тюлень. По меньшей мере, около 330 видов, обитающих в Каспийском море, являются эндемичными.

В пределах Каспия выделено более 200 культур гетеротрофных бактерий, принадлежащих к 60 видам. Высшие

растения Северно-Каспийского региона насчитывают около 950 видов из 88 семейств.

Распределение этого биоразнообразия по акватории неравномерно, наибольшее разнообразие наблюдается в Северном Каспии благодаря его особым гидрологическим, физическим и геологическим условиям. В то же время этот уникальный водоём представляет собой очень хрупкую и уязвимую экосистему. Высокий эндемизм фауны и флоры Каспия подтверждает его глобальное значение для сохранения планетарного генофонда [1, 2, 3].

*Минеральные ресурсы.* В Каспийском море разрабатывается множество месторождений нефти и газа. Доказанные ресурсы нефти в Каспийском море составляют около 10 миллиардов тонн, общие ресурсы нефти и газоконденсата оцениваются в 18-20 миллиардов тонн. В то же время есть данные зарубежных экспертов, согласно которым размер геологических нефтегазовых ресурсов Каспия - от 26 до 40 миллиардов тонн условного топлива. Эти ресурсы в будущем могут стать основой для экономического бума в регионе [4, 18].

*Рекреационные ресурсы.* Природная среда Каспийского побережья с песчаными пляжами, минеральными водами и лечебными грязями в прибрежной зоне создаёт хорошие условия для отдыха и лечения. В то же время по степени развитости курортов и туристской индустрии Каспийское побережье заметно проигрывает Черноморскому побережью Кавказа.

*Правовой статус.* После распада СССР раздел Каспийского моря долгое время был предметом неурегулированных разногласий, связанных с раз-

делом ресурсов каспийского шельфа - нефти и газа, а также биологических ресурсов. Переговоры о правовом статусе Каспия завершены подписанием Конвенции о правовом статусе Каспийского моря, состоявшимся 12 августа 2018 года в Актау.

4 ноября 2003 года в Тегеране (Иран) представителями пяти прикаспийских стран: Азербайджанской Республики, Исламской Республики Иран, Республики Казахстан, Российской Федерации и Туркмении была подписана Рамочная конвенция по защите морской среды Каспийского моря. Целью Конвенции является «защита морской среды Каспийского моря от загрязнения, включая защиту, сохранение, восстановление, устойчивое и рациональное использование его биологических ресурсов». Конвенция вступила в силу 12 августа 2006 года.

В настоящее время не существует регионального документа, который устанавливает и контролирует экологические стандарты для разведки и разработки морского дна Каспийского моря, а национальные законы сами по себе не обеспечивают адекватного регулирования. Эта ситуация усугубляется тем фактом, что в течение последних двадцати лет прикаспийские государства не смогли договориться о международно-правовых принципах владения морским дном и ресурсами Каспийского моря [5].

*Состояние экосистемы.* Каспийское море находится под мощным антропогенным воздействием в связи с интенсивной разработкой месторождений углеводородного сырья и активным развитием рыболовства. В 1980-х гг. Каспийское море давало до 80% миро-

вого вылова осетровых. Хищнические выловы последних десятилетий, браконьерство и резкое ухудшение экологической обстановки поставили многие ценные породы рыб на грань исчезновения. Ухудшились условия обитания не только рыб, но и птиц и морских животных (каспийский тюлень).

Качество вод на границе Северного Каспия оценивается как «загрязнённые». В среднем за год содержание нефтяных углеводородов в этой части составило 0,11 мг/дм<sup>3</sup> (2,1 ПДК). Качество прибрежных вод Дагестанского взморья в 2015 году оценивалось как «умеренно загрязнённые». Концентрация нефтяных углеводородов в этом районе в 2015 году изменялась в диапазоне 0,02–0,04 мг/дм<sup>3</sup> [6]. К сожалению, к классу «чистые» не относится ни одна часть такого большого бассейна Каспийского моря.

Почвенный покров прибрежных месторождений замазучен на глубину до 10 метров, в амбарах скопилось более 200 тыс. тонн нефти. Общая площадь прибрежной зоны с нефтяным загрязнением оценивается в 200 тыс. га. И вся эта нефтяная грязь смывается в Каспий [7]. По оценкам экологов, официальные цифры о влиянии загрязнения на экосистему Каспия не отражают реального положения вещей. Из промыслового рыболовства исчезают килька, сельдь и другие виды. Так, уловы осетровых за два последних десятилетия сократились в двадцать раз.

Если во второй половине XX века официально было зарегистрировано восемь случаев массовой гибели животных, то в первом десятилетии этого века – не менее пяти. Так, начало миллениума было отмечено гибелью около

30 тыс. каспийских тюленей. Причиной стал хронический токсикоз: в телах животных нашли продукты разложения сырой нефти и мазута. В следующем, 2001 году погибла годовая квота (около 2,5 млн. центнеров) вылова кильки всех прикаспийских государств. Последний официально зарегистрированный случай произошел в мае 2009 года на побережье Тупкараганского района Мангистауской области, где было обнаружено 353 тушки мертвых тюленей. Итог более чем печальный – популяция каспийских тюленей сократилась с 1 млн. особей в начале XX века до нынешних 111 тысяч.

Настало время с особой тщательностью следить за восстановлением экологии в Каспийском регионе. Единственный способ защиты от прогрессирующей экологической угрозы – совместная природоохранная деятельность прикаспийских стран [8].

Экономическое развитие государств Прикаспия сопряжено с необходимостью защиты хрупкой флоры и фауны региона. Каспийское море обладает реликтовыми флорой и фауной, оставшимися от прежде существовавших Сарматского и Понтического морей. Добыча нефти и газа не только вызывает загрязнение моря, но также увеличивает содержание других элементов в морской воде, в первую очередь металлических (ртуть, цинк, железо и др.) [9].

*Технологические риски, аварии.* Крупная авария в Мексиканском заливе не только показала, что риски, связанные с морским бурением, являются более чем очевидными, но и заставила правительства многих нефтедобывающих стран задуматься о необходимости ужесточения требований к добываю-

щим компаниям [10]. Катастрофа затронула 26000 км прибрежных земель, это в 4 раза превышает протяженность береговой линии Каспийского моря. Разлив нефти на Каспии может стать роковым для всей экосистемы региона, а потому власти прикаспийских государств должны предпринять все возможное, чтобы на законодательном уровне создать эффективный механизм по предотвращению и ликвидации нефтеразливов.

При планируемой добыче нефти в объеме 250 млн. тонн в год ее ежегодные потери в целом по Каспию могут достигнуть 33 тыс. тонн, причем более 2/3 придется на мелководный Северный Каспий. Учитывая, что 1 тонна нефти способна образовать пятно площадью до 12 км<sup>2</sup>, нетрудно посчитать, что уже этих 33 тыс. тонн хватит, чтобы покрыть нефтяной пленкой всю акваторию моря, равную 371 тыс. км<sup>2</sup>. И это только эксплуатационные технологические потери, т.е. плано-допускаемые [11], а если произойдет авария по масштабу эквивалентная разливу в Мексиканском заливе, то потенциально загрязненная акватория превысит площадь Каспийского моря в 32 раза.

В реальность подобной угрозы заставляет поверить и американское Агентство по охране окружающей среды (US Environmental Protection Agency), которое утверждает, что, несмотря на все усилия, ежегодно в США фиксируется 14 тыс. разливов нефти, для ликвидации последствий которых требуются тысячи специалистов [8].

*Попутный нефтяной газ (ПНГ).* Россия остается лидером сжигания ПНГ. Доля страны составляет около 26% всего мирового объема [12]. Про-

дукты сгорания попутного нефтяного газа такие как окись азота, сернистый ангидрид, окись углерода и несгоревшие углеводороды являются токсичными веществами.

До 2012 года в России нормативными документами было официально разрешено сжигать попутный газ при опытной и опытно-промышленной эксплуатации месторождений. При этом ежегодно в атмосферу поступало до 750 млн. кубометров углеводородных газов, оксидов углерода, серы, азота [13]. С 2012 года в России установлено предельно допустимое значение показателя сжигания на факельных установках и (или) рассеивания попутного нефтяного газа в размере не более 5% объема, добытого попутного нефтяного газа [14].

### ***Технологический аспект, наилучшие доступные технологии***

В 70-80-е годы в СССР был распространён термин «безотходные технологии». Ведущие научные и проектные институты занимались разработкой технологических процессов, средозащитной техники и организационных решений, которые должны были свести к минимуму негативное воздействие на окружающую среду и обеспечить рациональное использование природных ресурсов.

О наилучших доступных технологиях (НДТ) говорят и пишут сейчас очень многие: политики и практики, руководители регионов и сотрудники надзорных органов, представители промышленных предприятий и научно-исследовательских организаций [15].

Переход от единичных примеров к

повсеместному распространению НДТ называют в России переходом промышленности к НДТ. В чём состоит переход? В том, что теперь все предприятия так называемой первой категории (к ним относятся предприятия нефтегазовой отрасли) обязаны достигать показателей экологической и ресурсной эффективности (прежде всего, энергоэффективности), соответствующих отраслевым НДТ. Показатели систематизированы в информационно-технических справочниках – 39 отраслевых и 12 межотраслевых, в том числе, в справочнике по обеспечению энергоэффективности ИТС 48-2017 [16].

Все вышеперечисленные факторы подводят нас к необходимости формулирования комплексной концепции природопользования в Каспийском регионе на основе выработки оптимального компромисса между противоречивыми (а иногда и конфликтными) аспектами использования ресурсов, интересами прикаспийских стран и отдельных хозяйствующих субъектов. Это возможно лишь при условии всестороннего анализа и формулирования критериев достижения поставленной приоритетной задачи учета интересов народов, проживающих в прикаспийском регионе в целях обеспечения устойчивого развития и долгосрочного сохранения приемлемого качества жизни и окружающей среды, достижения разумного с точки зрения людей, населяющих Прикаспий, компромисса между экономическим уровнем жизни и здоровой окружающей средой.

### ***Полученные результаты и их обсуждение***

*Концепция природозащитной дея-*

тельности при добыче, транспортировке и переработке углеводородного сырья на Каспийском море. Разработанная авторами концепция формулирует основные положения природозащитной деятельности при добыче, транспортировке и переработке углеводородного сырья на территории прибрежных районов Прикаспийского региона Российской Федерации и на акватории в пределах российской части дна Каспия.

Среди общих принципов и подходов, которые внедряются в последние годы в национальную и международную стратегию охраны морской среды и имеют прямое отношение к нефтегазодобывающей деятельности на шельфе, следует выделить следующие концептуальные установки.

1. Признание социально-экономической обусловленности и целесообразности освоения природных ресурсов морского шельфа, в том числе углеводородов, с учетом приоритета сохранения живых самовозобновляемых ресурсов.

Такого рода мнение разделяют в ряде стран даже рыбохозяйственные круги, хотя рыболовство и аквакультура, в первую очередь страдают от соседства с морскими нефтепромыслами.

2. Экоцентрический (в отличие от антропоцентрического) подход к природопользованию, при котором обеспечивается стабильность состояния природных экосистем, и поддерживаются условия оптимального самовоспроизводства биологических ресурсов.

Такой подход, близкий к идее устойчивого развития, ориентирован на приоритеты охраны возобновляемых ресурсов, предназначен-

ных для удовлетворения интересов не только нынешнего, но и будущих поколений. Главным условием реализации этого подхода применительно к морским и пресноводным водоемам является поддержание в пределах долговременной природной изменчивости основных структурных и функциональных параметров водных экосистем. При таком подходе гарантируется не только общая стабильность экологической ситуации, но и охрана прямых интересов человека при любых видах водопользования (водоснабжение, рекреация, рыболовство, аквакультура и пр.).

3. Превентивный (предупредительный) принцип контроля состояния и охраны водной среды, при котором главный акцент направлен не на констатацию уже очевидных антропогенных аномалий, а на раннее обнаружение первых симптомов таких аномалий и принятие соответствующих опережающих мер на международном, государственном, региональном и местном уровнях.

Применение этого принципа особенно перспективно в отношении охраны морских экосистем, отличающихся относительно высокой (по сравнению с пресноводными системами) аккумулярующей способностью и инерционностью реагирования на возмущающие (стрессовые) воздействия.

4. Региональный подход к охране морских экосистем, ориентированный на принятие во внимание конкретных особенностей морского бассейна во всем разнообразии его физико-географических, природно-климатических, социально-

экономических и других характеристик, учет природных и социально-экономических особенностей территорий при планировании и осуществлении хозяйственной и иной деятельности.

Этот принцип следует учитывать не только в определении международной и российской стратегии регулирования антропогенного воздействия на морскую среду, но и в масштабах отдельных субъектов федерации, специфические особенности которых, должны учитываться при обосновании природоохранных мер и требований.

5. Корпоративная политика при разведке и эксплуатации месторождений. Поиски баланса интересов и сотрудничества нефтяников и рыбопромышленников, а также региональных правящих элит, природоохранных кругов и движений в решении экологических проблем представляются более конструктивными, нежели категорическое неприятие и протесты против экспансии нефтегазового комплекса на шельф. В основе такого баланса интересов лежит концепция устойчивого развития, которая допускает продолжение эксплуатации минеральных ресурсов при условии обеспечения стабильности природной среды.

В этих условиях экологическое кредо нефтяной компании становится частую фактором, определяющим успех в получении прав на разведку и разработку углеводородных ресурсов. В связи с чем, ведущие нефтяные компании, такие как ВР, Лукойл и др. выступают с декларациями об охране здоровья и окружающей среды.

Стремясь снять неизбежно возникающие при разведке и эксплуатации месторождений

противоречия, найти консенсус в среде многополярных интересов и создать благоприятную обстановку для деятельности, многие нефтяные компании по собственной инициативе берут на себя обязательства в виде деклараций и программ по защите окружающей среды и здоровья людей или «Деклараций экологической безопасности промышленного объекта».

Разработка «Деклараций экологической безопасности промышленного объекта» – дело весьма трудоемкое и дорогостоящее. И здесь мог бы быть весьма полезен опыт ОАО «ЛУКОЙЛ» в этой области. Компания приступила к декларированию безопасности своих промышленных объектов уже с 1996 г.

Кампании «Бритиш петролеум» и «Лукойл» обнародовали свои обязательства и природоохранную политику по отношению к работам в бассейне Каспийского моря.

6. Принцип «нулевого сброса» при разведке и эксплуатации месторождений, впервые провозглашенный для Каспийского моря компанией «Лукойл» и провозглашенный Президентом России как приоритетный принцип при разработке углеводородных ресурсов на Каспийском море.

Этот принцип направлен на обеспечение снижения негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в соответствии с нормативами в области охраны окружающей среды, которого можно достигнуть на основе использования наилучших существующих технологий с учетом экономических и социальных факторов.

7. Научно обоснованное сочетание экологических, экономических и социальных интересов человека, общества и государства в целях обеспечения устойчивого развития и благоприятной окружающей среды.

Реализация этого принципа осуществляется через обязательность оценки воздействия на окружающую среду при принятии решений об осуществлении хозяйственной и иной деятельности; обязательность проведения государственной экологической экспертизы проектов и иной документации, обосновывающих хозяйственную и иную деятельность, которая может оказать негативное воздействие на окружающую среду, создать угрозу жизни, здоровью и имуществу граждан.

Эти и некоторые другие концептуальные принципы и подходы, особенно принцип превентивности, находятся в последнее время в фокусе широких научных дискуссий во многих странах и в рамках международных организаций. Тем не менее, несмотря на продолжение упомянутых дискуссий, в ряде стран и в международных соглашениях уже зафиксированы некоторые из перечисленных выше принципов и вытекающие из них законодательные, нормативно-правовые и другие регулирующие акты, и положения.

В России эти принципы вошли в «Экологическую доктрину Российской Федерации» и Федеральный закон «Об охране окружающей среды» [17].

С учетом уникальности экологической, социально-демографической и геополитической ситуации в регионе Каспийского моря, особенно обостряющейся в связи с возникновением новых прикаспийских государств, а также

необходимостью защиты интересов Российской Федерации в регионе, становится очевидной необходимость выработки концепции природоохранной политики нефтяных компаний при добыче, транспортировке и переработке углеводородного сырья на Каспийском море и в его бассейне.

Стратегия охраны Каспийского моря должна быть концептуально ориентирована на глобальный уровень, и практически реализоваться на уровне региональном и основываться на научно обоснованном сочетании экологических, экономических и социальных интересов человека, общества и государства в целях обеспечения устойчивого развития и благоприятной окружающей среды.

Предлагаемый подход формулирует основные тезисы природоохранной политики при разведке и добыче углеводородных ресурсов в бассейне и на шельфе Каспийского моря.

В основу концепции положен тезис о сочетании экологических, экономических и социальных интересов человека, общества и государства в целях обеспечения устойчивого развития и благоприятной окружающей среды с учетом уникальности экологической, социально-демографической и геополитической ситуации в регионе Каспийского моря.

### **Заключение**

На основе анализа и обобщения основных принципов природоохранной политики ведущих нефтяных компаний, действующих в Каспийском регионе, а также перспективных научных разработок в области охраны окружающей среды и собственных исследований предлагаются конкретные технические и

технологические принципы, позволяющие на практике реализовать концепцию «нулевого сброса» при разведке и эксплуатации углеводородных ресурсов, как в регионе Каспийского моря, так и в других шельфовых зонах. В проекте концепции приводится технологическое и технико-экономическое обоснование эффективности и перспективности предлагаемого комплексного подхода к

решению задачи практической реализации концепции «нулевого сброса» для всех природных сред: водной, воздушной и почвенно-донной.

### **Благодарности**

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 20-08-00319).

### **Библиографический список**

1. Шахмарданов З.А. Животный мир Дагестана. – Махачкала: Эпоха, 2010. – 230 с.
2. Каспийское море. Фауна и биологическая продуктивность. – М.: Наука, 1985. – 277 с.
3. Касымов А.Г. Животный мир Каспийского моря. Баку, 1987. – 156 с.
4. Бровкина М. Золотое дно. Разработка каспийского шельфа принесет России миллиарды кубометров нефти и газа. Российская газета. 2018. 18 сентября. <https://rg.ru/2018/09/18/reg-ufo/skolko-na-kaspii-imeetsia-zapasov-nefti-i-gaza.html> (дата обращения: 30.08.2019).
5. Каспийское море не позволяет себя разделить. Информационно-аналитический портал «Содружество». URL: <https://polit-asia.kz/kaspijskoe-more-ne-pozvolyaet-sebya-gazdelit/> (дата обращения: 30.08.2019).
6. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году». Водные ресурсы. URL: <http://www.mnr.gov.ru/gosdoklad-eco-2015/water.html#wtr016> (дата обращения: 15.07.2019).
7. Гаврилов В.П. Экологические проблемы Каспийского моря // Труды Российского государственного университета нефти и газа им. И.М. Губкина. 2011. № 4. С. 37–45.
8. Смирнов С. Нефтяная угроза. Каспийский вариант. KAZAKHSTAN №5/6, 2010 год. URL: <http://www.investkz.com/journals/75/796.html> (дата обращения: 07.08.2019).
9. Anan Y., Kunito T., Ikemoto T. et al. Elevated Concentrations of Trace Elements in Caspian Seals (*Phoca Caspica*) Found Stranded During the Mass Mortality Events in 2000. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 2002. Vol. 42.
10. National Commission on the Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling, Deep Water. The Gulf Oil Disaster and the Future of Offshore Drilling (Report to the President January 2014) at 218. Paper available from the U.S Government Printing Oce, at. URL: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg//content-detail.html> (дата обращения: 09.08.2019).
11. Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection, Estimates of Oil Entering the Marine Environment from Sea-Based Activities (Reports and Studies, 75, 2007) at 47. Document available at. URL: <http://www.gesamp.org/publications/publicationdisplaypages/rs75> (дата обращения: 02.08.2019).
12. Кутепова Е.А., Книжников А.Ю., Кочи К.В. Проблемы и перспективы использования попутного нефтяного газа в России: ежегодный обзор. Вып. 3. М.: WWF-России, КПМГ, 2011. - 43 с.
13. Картамышева Е. С., Иванченко Д. С. Последствия добычи нефти и газа на Каспийском море // Молодой ученый. 2017. № 25. С. 113-117.

14. Постановление Правительства РФ от 08.11.2012 N 1148 (ред. от 17.12.2016) «Об особенностях исчисления платы за негативное воздействие на окружающую среду при выбросах в атмосферный воздух загрязняющих веществ, образующихся при сжигании на факельных установках и (или) рассеивании попутного нефтяного газа» // Российская Бизнес-газета. № 44, 20.11.2012.

15. Гусева Т. Переход предприятий к нормированию по принципам НДТ: актуальные вопросы, возможные сложности. URL: <http://www.energoatlas.ru/2018/09/27/guseva-ndt/?fbclid=IwAR37fiISxQS-G4tN9QAhtKObFaX7YYtlbZ1CkpAgxbyRiGuVgKd8WFqYR8> (дата обращения: 09.07.2019).

16. Информационно технический справочник по наилучшим доступным технологиям. ИТС 48-2017. Москва, Бюро НДТ, 2017, 165 с. URL: [http://www.energoatlas.ru/wp-content/uploads/2017/10/17\\_10\\_04-ИТС-НДТ-48-с-сайта-Бюро-НДТ.pdf](http://www.energoatlas.ru/wp-content/uploads/2017/10/17_10_04-ИТС-НДТ-48-с-сайта-Бюро-НДТ.pdf).

17. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ.

18. Алиев Р.М., Бадавов Г.Б., Немцов Н.И., Немцов И.Н., Гумаров Р.К. Перспективы нефтегазоносности шельфа Южного Дагестана и возможные технологии бурения при его освоении // Нефть. Газ. Новации. 2019. № 3. С. 30-38.

### **References**

1. Shahmardanov Z.A. Zhivotnyj mir Dagestana. – Mahachkala: Epoha, 2010. – 230 s.
2. Kaspijskoe more. Fauna i biologicheskaya produktivnost'. – M.: Nauka, 1985. –277 s.
3. Kasymov A.G. Zhivotnyj mir Kaspijskogo morya. Baku, 1987. 156 s.
4. Brovkina M. Zolotoe dno. Razrabotka kaspijskogo shelf'a prineset Rossii mil-liardy kubometrov nefti i gaza. Rossijskaya gazeta. 2018. 18 sentyabrya. <https://rg.ru/2018/09/18/reg-ufo/skolko-na-kasp-imeetsia-zapasov-nefti-i-gaza.html> (data obrashcheniya: 30.08.2019).
5. Kaspijskoe more ne pozvolyaet sebya razdelit'. Informacionno-analiticheskij portal «Sodruzhestvo». URL: <https://polit-asia.kz/kaspijskoe-more-ne-pozvolyaet-sebya-razdelit/> (data obrashcheniya: 30.08.2019).
6. Gosudarstvennyj doklad «O sostoyanii i ob ohrane okruzhayushchej sredy Rossijskoj Federacii v 2015 godu». Vodnye resursy. URL: <http://www.mnr.gov.ru/gosdoklad-eco-2015/water.html#wtr016> (data obrashcheniya: 15.07.2019).
7. Gavrillov V.P. Ekologicheskie problemy Kaspijskogo morya // Trudy Rossijskogo gosudarstvennogo universiteta nefti i gaza im. I.M. Gubkina. 2011. № 4. S. 37–45.
8. Smirnov S. Neftyanaya ugroza. Kaspijskij variant. KAZAKHSTAN №5/6, 2010 god. URL: <http://www.investkz.com/journals/75/796.html> (data obrashcheniya: 07.08.2019).
9. Anan Y., Kunito T., Ikemoto T. et al. Elevated Concentrations of Trace Elements in Caspian Seals (*Phoca Caspica*) Found Stranded During the Mass Mortality Events in 2000. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 2002. Vol. 42.
10. National Commission on the Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling, Deep Water. The Gulf Oil Disaster and the Future of Offshore Drilling (Report to the President January 2014) at 218. Paper available from the U.S Government Printing Oce, at. URL: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg//content-detail.html> (data obrashcheniya: 09.08.2019).
11. Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection, Estimates of Oil Entering the Marine Environment from Sea-Based Activities (Reports and Studies, 75, 2007) at 47. Document available at. URL: <http://www.gesamp.org/publications/publicationdisplaypages/rs75> (data obrashcheniya: 02.08.2019).

12. Kutepova E.A., Knizhnikov A.YU., Kochi K.V. Problemy i perspektivy ispol'zova-niya poputnogo neftyanogo gaza v Rossii: ezhegodnyj obzor. Vyp. 3. M.: WWF-Rossii, KPMG, 2011. 43 s.

13. Kartamysheva E. S., Ivanchenko D. S. Posledstviya dobychi nefti i gaza na Kas-pijskom more // Molodoj uchenyj. 2017. № 25. S. 113-117.

14. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 08.11.2012 N 1148 (red. ot 17.12.2016) «Ob osobennostyah ischisleniya platy za negativnoe vozdejstvie na okruzhayushchuyu sredu pri vybrosah v atmosfernyj vozduh zagryaznyayushchih veshchestv, obrazuyushchihsya pri szhiganii na fabel'nyh ustanovkah i (ili) rasseivanii poputnogo neftyanogo gaza» // Rossijskaya Biz-nes-gazeta. № 44, 20.11.2012.

15. Guseva T. Perekhod predpriyatij k normirovaniyu po principam NDT: aktual'nye voprosy, vozmozhnye slozhnosti. URL: <http://www.energoatlas.ru/2018/09/27/guseva-ndt/?fbclid=IwAR37fiISxQS-G4tN9QAhtKObFaX7YYtlbZ1CkpAgxbyRiGuVgKd8WFqYR8> (data obrashcheniya: 09.07.2019).

16. Informacionno tekhnicheskij spravochnik po nailuchshim dostupnym tekhnologiyam. ITS 48-2017. Moskva, Byuro NDT, 2017, 165 s. URL: [http://www.energoatlas.ru/wp-content/uploads/2017/10/17\\_10\\_04-ITS-NDT-48-c-sajta-Byuro-NDT.pdf](http://www.energoatlas.ru/wp-content/uploads/2017/10/17_10_04-ITS-NDT-48-c-sajta-Byuro-NDT.pdf).

17. Federal'nyj zakon «Ob ohrane okruzhayushchej sredy» ot 10.01.2002 N 7-FZ.

18. Aliev R.M., Badavov G.B., Nemcov N.I., Nemcov I.N., Gumarov R.K. Perspektivy neftegazonosnosti shel'fa YUzhnogo Dagestana i vozmozhnye tekhnologii bureniya pri ego osvoenii // Neft'. Gaz. Novacii. 2019. № 3. S. 30-38.

*Статья поступила 12.01.2020 г.*

© Р.М. Алиев, А.А. Мунгиев, Г.Б. Бадавов, Ш.М. Курбанов, А.К. Алибеков,  
А.С. Абдулкадыров, 2020

---

### **Сведения об авторах** **List of Authors**

---

*Алиев Р.М.* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой бурения нефтяных и газовых скважин Дагестанского государственного технического университета.  
*Aliev R.M.* – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Oil and Gas Well Drilling, Daghestan State Technical University.

*Мунгиев А.А.* – генеральный директор научно-производственной фирмы «СИНТЭКО-Н», эксперт международной Каспийской экологической программы UNEP.

*Mungiev A.A.* – General Director of the scientific and production company SINTECO-N, expert at the international Caspian environmental program UNEP.

*Бадавов Г.Б.* – старший научный сотрудник Института проблем геотермии и возобновляемой энергетики (филиал Объединенного института высоких температур РАН).

*Badavov G.B.* – Senior Researcher at the Institute of Problems of Geothermy and Renewable Energy (branch of the Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences).

*Курбанов Ш.М.* – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры бурения нефтяных и газовых скважин Дагестанского государственного технического университета.

*Kurbanov Sh.M.* – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of Oil and Gas Well Drilling, Daghestan State Technical University.

*Алибеков А.К.* – кандидат технических наук, доцент кафедры бурения нефтяных и газовых скважин Дагестанского государственного технического университета.

*Alibekov A.K.* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Oil and Gas Wells Drilling, Daghestan State Technical University.

*Абдулкадыров А.С.* – кандидат экономических наук, доцент кафедры бурения нефтяных и газовых скважин Дагестанского государственного технического университета.

*Abdulkadyrov A.S.* – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Oil and Gas Wells Drilling, Daghestan State Technical University.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЫСТРОТОКОВ

А. К. Алибеков, А. М. Мухучев, Г.А. Алибеков

Дагестанский государственный технический университет  
Махачкала  
ali.dgtu@rambler.ru

**Аннотация.** В работе даны факторы, определяющие размеры и стоимость быстротока, разработана прикладная программа проектирования быстротоков различных форм поперечного сечения на нескальном основании и на основе результатов численных экспериментов установлена закономерность влияния отдельных факторов на объем бетона, необходимый для возведения быстротока и в наибольшей степени определяющий стоимость объекта.

**Abstract.** The paper gives the factors that determine the size and cost of a fast-flow, developed an application program for designing fast-flows of various cross-sectional shapes on a non-rocky basis, and based on the results of numerical experiments, the regularity of the influence of individual factors on the concrete volume required for construction is established speed and to the greatest extent determining the value of the object.

**Ключевые слова:** быстроток, определяющие факторы, программа проектирования быстротоков, численный эксперимент, входная часть, водоскат и нижний бьеф быстротока.

**Keywords:** speed, determining factors, program of design of quick currents, numerical experiment, input part, swath and downstream of the fast flow.

### Введение

Составной частью водохозяйственных объектов комплексного назначения являются водосбросные и сопрягающие сооружения, в частности, быстротоки, служащие для сброса воды с более высокой отметки на низкую на сравнительном коротком участке. Быстротоки широко используются для сброса излишков воды из низконапорных водохранилищ, на начальных или конечных участках каналов, при трассировании водотоков

по пресеченной местности и в других случаях с целью защиты грунтового русла от размыва. На стадии проектирования быстротоков для обоснования выбора оптимального варианта приходится анализировать большое число типов и параметров этих сооружений.

Цель настоящей работы заключается в разработке прикладной программы автоматизации проектирования открытых быстротоков на нескальном основании, ее отладке и

проведении численных экспериментов для установления влияния отдельных факторов на объем бетонных работ, в основном, определяющий стоимость возведения быстротоков (рисунок 1).

### **Анализ проблемы и разработка программы проектирования быстротоков**

На основе анализа специальной литературы и типовых проектов открытых быстротоков были выявлены факторы, определяющие объем бетона, необходимый для возведения исследуемого объекта. Такими

факторами являются: расход  $Q$ , глубина потока у входа в сооружение – напор  $H$ , скорость подхода потока к быстротоку  $v_0$ , перепад уровней между верхним и нижним бьефами  $z$ , переменная длина плит рисбермы в нижнем бьефе  $l_p$ , диаметр частиц несвязного грунта в отводящем русле  $d_r$ , глубина воды в нижнем бьефе  $h_n$ , уклон дна водоската  $i$ , форма сечения и коэффициент заложения откосов лотка быстротока  $m$ , тип гасителя кинетической энергии воды в нижнем бьефе сооружения и др.

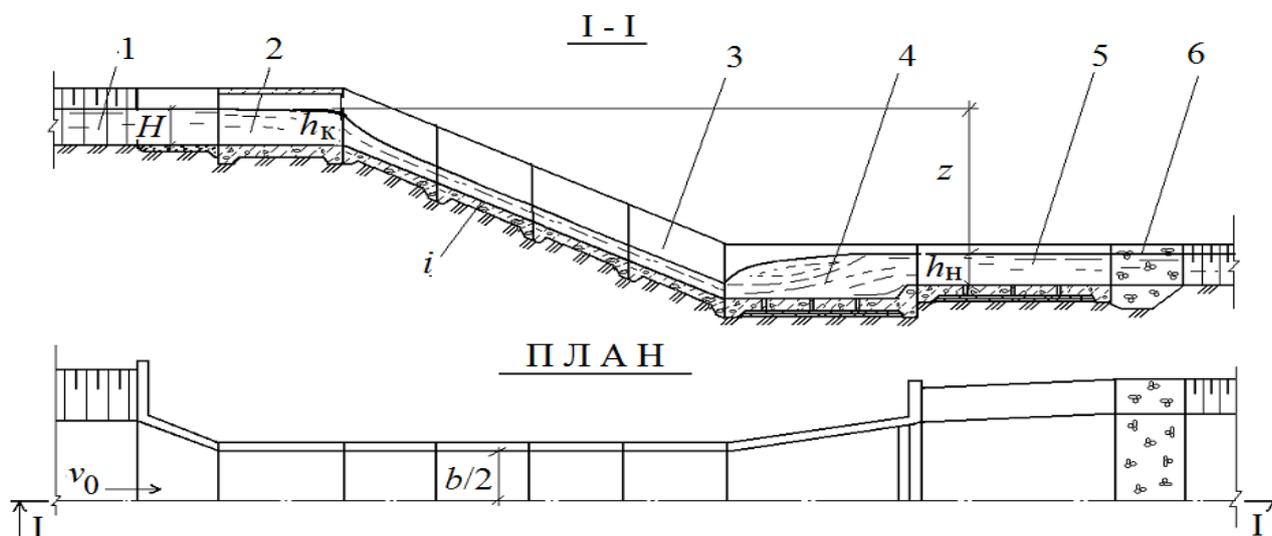


Рисунок 1 – Схема быстротока: 1 – подводящий канал, 2 – вход, 3 – водоскат, 4 – водобойный колодец, 5 – бетонная рисберма, 6 – каменная наброска

Таким образом, стоимость быстротока  $C_T$  (объем бетона  $V_{бет}$ ) является функцией факторов:

$$C_T(V_{бет}) = f(Q, H, v_0, i, m, z, l_p, d_r, h_n, \text{форма сечения лотка, тип гасителя}) \quad (1)$$

Очевидна сложность данной функции: если каждый из указанных

факторов варьировать на четырех уровнях, то в случае полнофакторного эксперимента необходимое для рассмотрения число расчетных случаев  $N = 4^{11} = 4194304$ . Отсюда вытекают две задачи: 1) необходима прикладная программа для выполнения расчетов на ЭВМ, 2) для уменьшения количества расчетных случаев необходимо применение методов математического

планирования эксперимента. В данной работе рассмотрим решение лишь первой задачи.

Согласно схеме быстротока, представленной на рисунке 1, прикладная программа автоматизации проектирования быстротоков должна включать следующие модули: расчет входной части, бетонного лотка быстротока, нижнего бьефа,

включающего сопряжение бьефов и, в случае необходимости, различные типы гасителей энергии, рисбермы и конечного устройства [1, 2, 3, 4].

Ширину входной части быстротока  $b$  определяют из условия пропускания расчетного расхода при полностью поднятых затворах по формуле расхода для водослива с широким порогом в случае неподтопленного истечения:

$$Q = \left(1 - \frac{aH}{H+b}\right)(0,385 - 0,028c)(1 - 0,0015\alpha^0)b\sqrt{2g}\left(H + \frac{v_0^2}{2g}\right)^{3/2},$$

где  $a$  – коэффициент формы входной части,  $c$  – высота порога водослива,  $\alpha^0$  – угол подхода потока к сооружению.

Для расчета положения кривой спада воды на водоскате быстротока длина водоската разбивается на  $N$  элементарных участков длиной  $l_k$ , для определения которой в качестве математической модели используется уравнение Бернулли, записанное методом конечных разностей в форме, известной под названием «метод Чарномского»:

$$l_k = \frac{\mathcal{E}_{k+1} - \mathcal{E}_k}{i - i_f},$$

где  $\mathcal{E}$  – удельная энергия сечения,  $i_f$  – средний уклон трения на  $k$ -ом участке,  $k = 1, \dots, N$ .

Проектирование нижнего бьефа быстротока включает в себя комплекс вопросов: выяснение формы сопряжения бьефов, гашение избыточной кинетической энергии ниспадающего потока с помощью различных гасителей энергии, оценка размывающей способности потока и подбор типа крепления отводящего русла. Рациональное решение этих

вопросов необходимо для благоприятного гидравлического режима сопряжения бьефов и обеспечения нормальных условий перехода потока в естественное состояние в отводящем русле.

Методика решения указанных задач по расчету входной части, бетонного лотка быстротока и нижнего бьефа, включающего модули: установление типа сопряжения бьефов, расчет гасителей энергии, определение толщины водобойной плиты, расчет параметров плит рисбермы и каменной наброски за рисбермой быстротока, реализована в разработанной прикладной программе проектирования быстротока (приложение).

Степень влияния указанных в (1) факторов на эффективность работы и стоимость быстротока установлена на основании расчетов, выполненных на ЭВМ по приведенной программе при следующих исходных значениях факторов: расход  $Q = 5, 15, 25, 35, 50$  м<sup>3</sup>/с, перепад на сооружении  $z = 5, 10, 15$  и  $20$  м, напор  $H = 0,5, 1,5, 2, 3$  и  $4,0$  м, скорость подхода потока к

сооружению  $v_0 = 0,1, 0,5, 1, 1,5$  и  $3,0$  м/с, глубина воды в нижнем бьефе  $h_n = 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5$  и  $3,0$  м, в качестве основания нижнего бьефа рассмотрены несвязные грунты диаметром частиц  $d_f = 1, 2,5, 5, 7,5$  и  $10$  см, отношение длины рисбермы к длине водобоя  $l_p/l_b = 0, 0,5, 1,0, 1,5$ , длина бетонных плит рисбермы  $l_n = 1, 2, 2,5, 3, 4, 4,5, 5$  м, продольный уклон водоската  $i = 0,1, 0,15, 0,2, 0,3$  и  $0,4$ , для защиты верхового откоса воронки размыва за рисбермой предусмотрена каменная наброска, в качестве гасителя энергии приняты водобойные колодцы трех типов, образованные уступом, стенкой и комбинированного типа, форма сечения водоската и нижнего бьефа трех типов: прямоугольная (коэффициент заложения откосов водоската  $m = 0$ ), трапецидальная ( $m = 0,5, 0,75, 1, 1,25, 1,5$ ), треугольная ( $b = 0$ ). Рисберма принята расширяющейся в плане под допустимым углом.

Частичные результаты численного эксперимента по приведенной выше программе приведены на рисунках 2...5. Эта серия графиков ставила целью установление влияния каждого отдельного фактора на суммарный объем бетона и бетонных работ.

Согласно рисунку 2 зависимость объема бетона  $V_{бет}$  от расхода  $Q$  при постоянных прочих значениях других факторов является возрастающей, чего и следовало ожидать. Аналогичная закономерность наблюдается в отношении перепада уровней воды  $z$  на сооружении (рисунок 3).

Что касается зависимости объема бетона от скорости подхода потока к сооружению  $v_0$ , то выявлено оптимальное значение  $v_0 = 1,5$  м/с,

когда  $V_{бет}$  является минимальным (рисунок 4).

Влияние на  $V_{бет}$  напора на сооружении  $H$  выражается в виде явного увеличения объемов бетона с ростом напора  $H$  от  $2$  м и выше, а при возрастании  $H$  от  $0,5$  до  $2$  м  $V_{бет}$  уменьшается, принимая минимальное значение при  $H = 2$  м (рисунок 5). Такой характер зависимости можно объяснить следующими соображениями: при малом напоре и заданном расходе ширина входной части и лотка быстротока получается большой, значит, плита основания будет широкой и дорогой, а боковые устои при этом будут низкими и дешевле. При больших напорах и заданном расходе боковые стенки (устои) получатся высокими и дорогими, а ширина быстротока будет узкой и основание станет дешевле. Суммарная стоимость днища и устоев получается минимальной при  $H = 2$  м.

Аналогичными расчетами можно установить влияние других факторов из зависимости (1) на  $V_{бет}$  и стоимость быстротока, введя по запросу программы текущие расценки (на виды работ и материал): бетонные, земляные, каменной наброски и по обратному фильтру. Полученными графиками можно пользоваться следующим образом. Например, зная расход, по рисунку 1 можно найти соответствующий объем бетона, который затем нужно умножить на стоимость бетона для данного региона или периода года. Для расчета стоимости возведения быстротока следует иметь в виду, что бетонные работы составляют примерно 95 % от всей стоимости объекта.

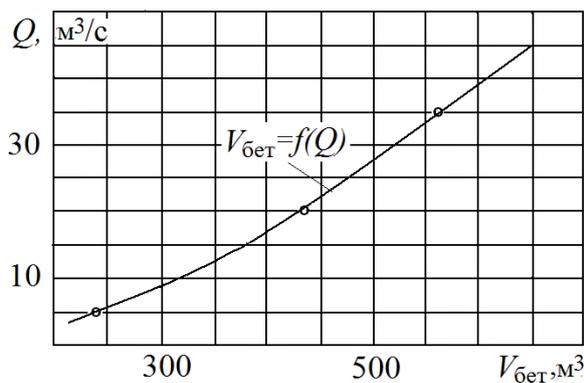


Рисунок 2 – Зависимость  $V_{бет} = f(Q)$

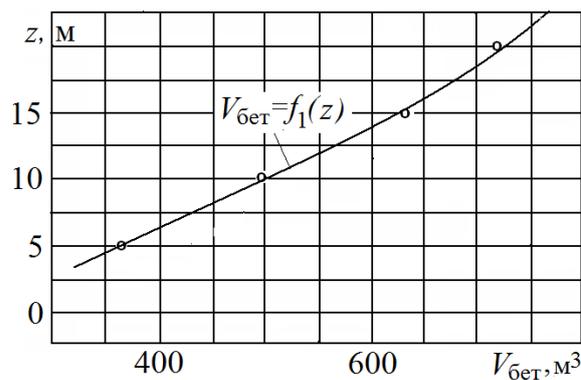


Рисунок 3 – Зависимость  $V_{бет} = f(z)$

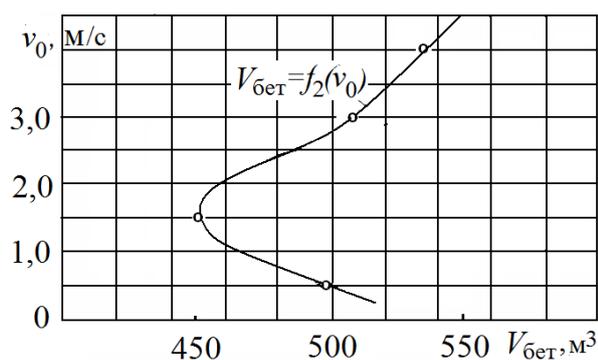


Рисунок 4 – Зависимость  $V_{бет} = f(v_0)$

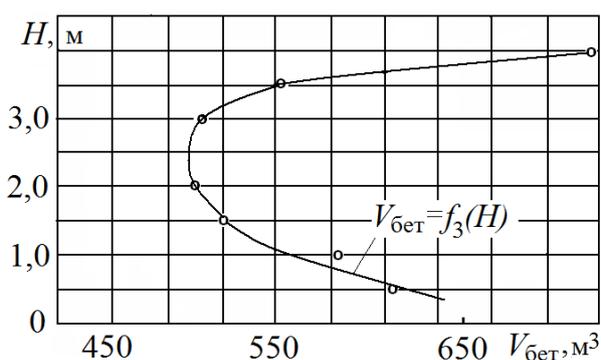


Рисунок 5 – Зависимость  $V_{бет} = f(H)$

### Выводы

1. Результаты расчетов подтвердили вывод о сложности исследуемой функции (1): стоимость быстротока зависит от конкретных значений факторов. С помощью разработанной прикладной программы можно оперативно рассчитать конкретные случаи, причем по текущим рыночным ценам, зависящим от региона и сезона строительства, и тем

самым автоматизировать процесс проектирования быстротоков.

2. На стадии эскизного проекта, например, по значению расхода по рисунку 1 можно оценить стоимость объекта строительства.

3. Полученные результаты могут быть использованы в учебном процессе и проектными организациями при реконструкции разрушенных и проектировании новых быстротоков.

### Библиографический список

1. Волков И. М., Кононенко П. Ф., Федичкин И. К. и др. Проектирование гидротехнических сооружений. – М.: Колос, 1977. – 384 с.
2. Гидравлические расчеты водосбросных гидротехнических сооружений: Справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 624 с.
3. Гиргидов А.Д. Механика жидкости и газа (гидравлика): учебник. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 704 с.
4. Курсовое и дипломное проектирование по гидротехническим сооружениям / Под ред. В.С. Лапшенкова. – М.: Агропромиздат, 1989. – 447 с.

### References

1. Volkov I. M., Kononenko P. F., Fedichkin I. K. i dr. Proektirovanie gidrotekh-nicheskikh sooruzhenij. – M.: Kolos, 1977. - 384 s.
2. Gidravlicheskie raschety vodosbrosnyh gidrotekhnicheskikh sooruzhenij: Spra-vochnoe posobie. – M.: Energoatomizdat, 1988. - 624 s.
3. Girgidov A.D. Mekhanika zhidkosti i gaza (gidravlika): uchebnik. - M.: INFRA-M, 2018. — 704 s.
4. Kursovoe i diplomnoe proektirovanie po gidrotekhnicheskim sooruzheniyam /Pod red. V.S.Lapshenkova. – M.: Agropromizdat, 1989. – 447 s.

### Приложение. Программа проектирования быстротока

```
REM ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЫСТРОТОКА
REM РАСЧЕТ ВХОДНОЙ ЧАСТИ
CLS
PRINT "Введите исходные данные:"
INPUT "Расход Q="; Q; "Напор H="; H; "Скорость подхода v0="; v0
INPUT "Глубину в нижнем бьефе hnb="; hnb; "перепад уровней z="; z
INPUT "Угол подхода потока alfa="; alfa; "Уклон водоската =" ; i
INPUT "Коэффициент заложения откосов m="; m
INPUT "Отнош. длины рисбермы к дл. водобоя kgv="; kgv
INPUT "Диаметр частиц грунта в НБ dg="; dg
PRINT "Тип колодца-гасителя: 1 - с уступом"
PRINT "2-со стенкой,3-для комбинированного типа"; tip
PRINT "Глубину в нижнем бьефе hnb="; hnb
PRINT "Введите параметр формы лотка водоската:"
INPUT "0-для трапеции и прямоугольн.,1- для треуг-ка";fr
INPUT "Введите коэффициент шероховатости n="; n
PRINT "Введите количество элементарных"
INPUT "участков разбиения лотка водоската N="; Nb
INPUT "Введите толщину плиты дна лотка="; tpd
INPUT "Введите толщину плиты борта лотка =" ; tbr
INPUT "Введите высоту порога водослива =" ; cv
PRINT " Введите 0.2 для обратной стенки"
PRINT " Введите 0.075 для ныряющей стенки"
PRINT " Введите 0.1 для раструба"
PRINT " Введите 0.055 для косои плоскости"
INPUT a
INPUT "Введите длину плиты рисбермы lpr="; lpr
dv = .3: b = 0
10 b = b + .001
h0 = h + 1.05 * v0 ^ 2 / 19.62: e = 1 - a * h / (h + b): mv = .385 - .028 * cv
dlta = 1 - .0015 * alfa: q1 = e * mv * dlta * b * (19.62) ^ .5 * h0 ^ 1.5
```

```

    IF q1 < q THEN GOTO 10
    PRINT "Ширина входной части b= "; b
dlt = .25 + .003836 * q: hs = h + dlt: bn = b + 2 * dv: lp = hs: bp = bn + 2 * hs * 1.42
t1 = .2: t2 = .5: vb = t1 * bp * hs + t2 + hs * bn + dv + hs * 2 * 3 * hs
vz = 2 * hs * (bn + 2) * (hs + t2)
PRINT " РАСЧЕТ ВОДОСКАТА"
    IF fr = 1 THEN b = 0
    t3 = 1.05 * q ^ 2 / 9.81: hkr = 0
11 hkr = hkr + .001
    t4 = ((b + m * hkr) * hkr) ^ 3 / (b + 2 * m * hkr)
    IF t4 < t3 THEN GOTO 11
    h0 = 0
130 h0 = h0 + .001
    w = (b + m * h0) * h0: x = b + 2 * h0 * (1 + m ^ 2) ^ .5: R = w / x
    c = R ^ .16667 / n: q1 = w * c * (R * i) ^ .5
    IF q1 < q THEN GOTO 130
PRINT "критическая глубина="; hkr; "глубина равном-го движения h0= "; h0
    hn = hkr: dh = (hn - h0) / Nb: lb = SQR((z / i) ^ 2 + z ^ 2): h1 = hn
    vbt = 0: lob = 0: k = 1
30 h2 = h1 - dh
    hbr = h1 + dlt
    PRINT " номер элементарного участка k= "; k
PRINT "глубина этого участка слева h1 = "; h1; "высота борта лотка ="; hbr
IF h2 <= h0 THEN
h2 = h0: hc = h2: ht = h2
END IF
PRINT "глубина на этом участке справа h2 = "; h2
w1 = (b + m * h1) * h1: w2 = (b + m * h2) * h2: v1 = q / w1: v2 = q / w2
e1 = h1 + 1.05 * v1 ^ 2 / 19.62: e2 = h2 + 1.05 * v2 ^ 2 / 19.62
x1 = b + 2 * h1 * (1 + m ^ 2) ^ .5: x2 = b + 2 * h2 * (1 + m ^ 2) ^ .5
R1 = w1 / x1: R2 = w2 / x2: C1 = R1 ^ .16667 / n: C2 = R2 ^ .16667 / n
if1 = v1 ^ 2 / (C1 ^ 2 * R1): if2 = v2 ^ 2 / (C2 ^ 2 * R2): ifs = .5 * (if1 + if2)
l = (e2 - e1) / (i - ifs): lob = lob + l
vbt = vbt + ((b + 2 * tbr) * tpd + 2 * tbr * hbr * 2 * (1 + m ^ 2) ^ .5) * l: k = k + 1
IF lob >= lb OR h2 = h0 THEN GOTO 79
    PRINT "длина этого участка l= "; l
    PRINT "расстояние до конца участка с начала="; lob
    PRINT "скорость в конце участка v2="; v2
    PRINT "Объем бетона с начала до конца этого участка ="; vbt
    PRINT "скорость в конце участка v2="; v2

```

```

79 IF lob >= lb THEN
    h2 = (lob - lb) * dh / l + h2: lp = lb - lob + l: lob = lob - l + lp
    vbt = vbt - ((b + 2 * tbr) * tpd + 2 * tbr * hbr * 2 * (1 + m ^ 2) ^ .5) * (l - lp)
    l = lp: hc = h2
    GOTO 250
    END IF
    IF ht = h0 THEN GOTO 250
200 h1 = h2
    IF lob < lb THEN GOTO 30
250 IF ht = h0 THEN hc = h0
wc = (b + m * hc) * hc: vc = q / wc: vzl = (b + hs * (1 + m ^ 2) ^ .5) * (hs + tpd) * lb
    vb = vb + vbt: vz = vz + vzl
    IF fr = 1 THEN b = wc / hc
    PRINT "Длина быстротока ="; lb; "глубина в конце водоската hc= "; hc
    PRINT "скорость потока на выходе vc= "; vc
    REM    ПРОЕКТИРОВАНИЕ НИЖНЕГО БЬЕФА
    REM    РАСЧЕТ СОПРЯЖЕНИЯ БЬЕФОВ
    q = q / b: vf = 06 hk = (1.05 * q ^ 2 / 9.81) ^ .3333
    hc2 = .5 * hc * ((1 + 8 * (hk / hc) ^ 3) ^ .5 - 1)
    IF hc2 < hnb THEN
    PRINT "Гасители не нужны"
    d = 0: lk = .75 * 2.5 * (1.9 * hc2 - hc): tv = .4 * hc2: lv = lk: hs = hnb + dlt
    bs = b + .1 * lv + 2 * dv
    vb = vb + bs * tv * lv + 2 * dv * lv * hs * (1 + m ^ 2) ^ .5
    vz = vz + (bs + 2) * lv * (hs + tv): vf = vf + bs * lv * .4
    PRINT "Длина водобоя="; lv
    GOTO 999
    ELSE
    PRINT "Гасители нужны"
    END IF
    PRINT "Вторая сопряженная глубина ="; hc2
    IF tip <> 1 THEN GOTO 222
    print "Расчет колодца, образованного уступом"
    d = 1.1 * hc2 - hnb: lk = .75 * 2.5 * (1.9 * hc2 - hc): tv = .4 * hc2: lv = lk
    hs = hnb + dlt + d: bs = b + .1 * lv + 2 * dv
    vb = vb + bs * tv * lv + 2 * dv * lv * hs * (1 + m ^ 2) ^ .5
    vz = vz + (bs + 2) * lv * (hs + tv): vf = vf + bs * lv * .4
    PRINT "Глубина колодца="; d; "Длина колодца="; lk
    GOTO 999
    222 IF tip <> 2 THEN GOTO 333

```

```

REM  РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВОДОБОЙНОГО КОЛОДЦА,
REM  ОБРАЗОВАННОГО СТЕНКОЙ
    kt = 1: k = 1: vf = 0
70  hc2 = .5 * hc * (SQR(1 + 8 * (hk / hc) ^ 3) - 1)
PRINT "результаты для стенки с номером k="; k
    v0c = q / hc2: h0c = (q / (.42 * SQR(19.62))) ^ .6667
    hct = h0c - 1.05 * v0c ^ 2 / 19.62: c0 = hc2 - hct: c = c0 + .05 * hc2
PRINT "Проверка подтопленности стенки"
    zc = hc2 - hnb: t = hct / c: hp = hnb - c
IF t <= 1 THEN zckr = 10.61 - 22.6 * t + 12 * t ^ 2
IF t > 1 THEN zckr = -22.9 + 58.86 * t - 33.42 * t ^ 2
    IF zckr > 1 THEN zckr = 1
    IF zckr < .66 THEN zckr = .66
    IF (hp > 0) AND (zc / c < zckr) THEN tpar = 1
    IF tpar <> 1 THEN GOTO 301
    PRINT "Стенка последняя и подтоплена"
    c0 = 0
201  c0 = c0 + .001
hct = hc2 - c0: h0c = hct + 1.05 * v0c ^ 2 / 19.62: hp = hnb - c0: t1 = hp / h0c
sp = SQR(1 - (1 - (1 - t1) * 2.5575) ^ 2): q1 = sp * .42 * SQR(19.62) * h0c ^ 1.5
    IF q1 > q THEN GOTO 201
    c = c0 + .05 * hc2: kt = 0
301  lkol = .75 * 2.5 * (1.9 * hc2 - hc)
    IF k <= 1 THEN GOTO 380
    Lpad = 1.33 * SQR(h0c * (c + .3 * h0c)): lkol = lkol + Lpad
380 PRINT "Номер колодца k="; k; "Дл.колодца ="; lkol);
PRINT "Высота стенки справа от колодца c="; c
tv = .4 * hc2: hs = hnb + dlt: lv = lkol: bs = b + .1 * lv + 2 * dv
vb=vb + bs * tv * lv + 2 * dv * lv * hs * (1 + m^2)^.5
vz = vz + (bs + 2) * lv * (hs + tv): vf = vf + bs * lv * .4
IF kt = 0 THEN GOTO 999
PRINT "Стенка является неподтопл-й с номером k="; k
    k = k + 1: p = c: e0 = p + h0c: hc = 0
460  hc = hc + .001
    q1 = SQR(ABS(e0 - hc) * 19.62 / 1.05) * hc * .95
    IF q1 < q THEN GOTO 460
    GOTO 70
333 PRINT
REM  РАСЧЕТ КОМБИНИРОВАННОГО ВОДОБОЙНОГО КОЛОДЦА
hc1 = .5 * hnb * ((1 + 8 * (hk / hnb) ^ 3) ^ .5 - 1)

```

```

e01 = hc1 + q ^ 2 / (19.62 * .98 ^ 2 * hc1 ^ 2)
h01 = (q / (.42 * SQR(19.62))) ^ .6667
C1 = .9 * (e01 - h01): a = q / (.42 * SQR(19.62))
20 hp = hnb - C1
IF hp < 0 THEN GOTO 99
c11 = C1: h01 = 0
50 h01 = h01 + .1
t1 = hp / h01:
IF t1 > 1 THEN t1 = 1
sp = SQR(ABS(1 - (1 - 2.55043 * (1 - t1))^2))
IF sp > .98 THEN sp = .98
IF sp * h01 ^ 1.5 < a THEN GOTO 50
C1 = e01 - h01
IF ABS(C1 - c11) > .001 THEN GOTO 20
99 d = 0
100 d1 = d
hc2 = .5 * hc * (SQR(1 + 8 * (hk / hc) ^ 3) - 1)
vc = q / hc2: h1 = h01 - 1.05 * vc ^ 2 / 19.62
114 d = 1.05 * hc2 - (C1 + h1)
IF d < 0 THEN
C1 = C1 / 2: GOTO 114
END IF
e0 = hc + q^2 / (19.62 * .95 ^ 2 * hc^2) + d: hc = 0
102 hc = hc + .001
q1 = SQR((e0 - hc) * 19.62 / 1.05) * hc * .98
IF q1 < q THEN GOTO 102
IF ABS(d1 - d) < .001 THEN GOTO 100
104 lkol = .75 * 2.5 * (1.9 * hc2 - hc)
PRINT " Глубина колодца d="; d; " высота стенки c1="; C1
PRINT " длина колодца ="; lkol
tv = .4 * hc2: lv = lkol: hs = hnb + dlt + d: bs = b + .1 * lv + 2 * dv
vb = vb + bs * tv * lv + 2 * dv * lv * hs * (1 + m^2)^.5
vz = vz + (bs + 2) * lv * (hs + tv): vf = vf + bs * lv * .4
999 q = q * b: b = b + .2 * lv: q = q / b
PRINT "Толщина водобоя="; tv
REM РАСЧЕТ ТОЛЩИНЫ ПЛИТ РИСБЕРМЫ И КРУПНОСТИ КАМНЯ
lr = krv * lv
IF lr < lpr THEN lpr = lr
hk = (1.05 * q ^ 2 / 9.81) ^ .333: l = 2 * hk: a = 3.14 * lpr / l
Fp = 2 * ((a - SIN(a))^2 + (1 - COS(a))^2)^.5 / a^2: vr = q / hnb: hv = vr ^ 2 / 19.62

```

```

e0 = hc + 1.05 * q ^ 2 / (19.62 * hc ^ 2): z0 = z + 1.05 * v0 ^ 2 / 19.62
xnr = lv: xkr = lv + lr: hv = 1.05 * (q / hnb) ^ 2 / (19.62)
hnr = 1.13 * z0 / (xnr / hk) ^ 1.333: hkr = 1.13 * z0 / (xkr / hk) ^ 1.333
tnr = 1.25 * (Fp * hnr + .5 * hv) / (2.4 - 1)
tkr = 1.25 * (Fp * hkr + .5 * hv) / (2.4 - 1)
tsr = (tnr + tkr) / 2: tkon = lpr / 10
IF tsr < tkon THEN tsr = tkon
PRINT "толщина плит рисбермы: в начале ="; tnr
PRINT "в конце="; tkr; " средняя="; tsr
PRINT "длина рисбермы="; lr; "плиты рисбермы="; lpr;
hstr = hnb + dlt + tsr: dn = dv: t1 = hnb / hc: x3 = (lv + lr) / hnb
k3 = .133 + .0457 * t1 + 9.4751 * 1 / x3
IF k3 < 1 THEN k3 = 1
PRINT "t1="; t1; " x3="; x3; " k3="; k3
d3 = .01 * (k3 * q) ^ 3 / hnb ^ 3.5: bsr = b + .1 * lr
vbr=bsr*lr*tsr+2*hstr*(1+m^2)^.5*(lr+2)*(dv+dn)/2
vzr=(bsr+2*dn+2)*lr*(hstr+.2)*(1+m^2)^.5
PRINT " Диаметр камня в конце рисбермы="; d3
vb = vb + vbr: z = vz + vzr
REM    РАСЧЕТ ВОРОНКИ РАЗМЫВА
ka = k3: bk = (b + .2 * lr): q = q * b / bk: ak = 0
12 ak = ak + .01
hp = hnb + ak: bt = 1.5 * (ak / hp) ^ 1.5: kb = ka * (1 + bt): vmax = kb * q / hp
ddn = vmax ^ 3 / hp ^ .5 / 100
IF ddn > dg THEN GOTO 12
vk = 4 * d3 * bk * ak * (1 + m ^ 2) ^ .5
PRINT "глубина воронки ak="; ak; "vb="; vb; " vz="; vz; " vk="; vk; " vf="; vf
PRINT "Введите расценки на виды работ + материала:"
INPUT "бетонных ="; rb; "земляных="; rz; "каменных="; rk; "фильтра="; rf
PRINT "cb="; vb * rb; "cz="; vz * rz; "ck="; vk * rk; "cf="; vf * rf
STOP
END

```

*Статья поступила 28.01.2020 г.*

© А.К. Алибеков, А.М. Мухучев, Г.А. Алибеков, 2020

---

**Сведения об авторах**  
**List of Authors**

---

*Алибеков А.К.* – кандидат технических наук, доцент кафедры бурения нефтяных и газовых скважин Дагестанского государственного технического университета.

*Alibekov A.K.* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Oil and Gas Wells Drilling, Daghestan State Technical University.

*Мухучев А.М.* – кандидат физико-математических наук, профессор кафедры экономики и управления Махачкалинского филиала Московского автодорожного государственного технического университета

*Mukhuchev A.M.* – Candidate of Physico-mathematical Sciences, Professor of the Department of Economics and Management, Makhachkala Branch of Moscow State Road Technical University

*Алибеков Г.А.* – соискатель Дагестанского государственного технического университета.

*Alibekov G.A.* – Applicant for the Daghestan State Technical University.

# ТЕХНОЛОГИИ, ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

.....  
.....  
.....

УДК 635.077:663.038.7

doi: 10.21822/2713-220X-2020-1-1-30-34

## БЕЗОТХОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВЫХ ПОРОШКОВ ИЗ ВИНОГРАДНЫХ ВЫЖИМОК

Л.Р. Ибрагимова, М.Н. Исламов, К.Ш. Салаватова

Дагестанский государственный технический университет  
Махачкала  
astrahvino@rambler.ru

**Аннотация.** Одной из проблем пищевой промышленности является широкое применение традиционных, весьма расточительных технологий, когда многие питательные составные части сырья не используются, идут в отходы, утилизируются. Эффективные ресурсосберегающие технологии переработки виноградных выжимок, содержащих биологически активные вещества для создания функциональных пищевых продуктов, пока не разработаны и в реальной практике не применяются. В статье рассмотрена разработанная авторами новая технология получения экстракта из виноградных выжимок с использованием электрохимически активированной воды и электродиализа, отличающаяся высокой эффективностью и экологичностью. Общий выход пищевого порошка из косточек, как показали исследования, составляет до 60% с размером частичек 0,3 мм.

**Abstract.** One of the problems of the food industry is the widespread use of traditional, very wasteful technologies, when many nutrient components of raw materials are not used, go to waste, disposed of. Effective resource-saving technologies for the processing of grape pomace containing biologically active substances to create functional food products have not yet been developed and are not applied in real practice. The article discusses a new technology developed by the authors to obtain an extract from wine grapes using electrochemically activated water and electrodialysis, which is characterized by high efficiency and environmental friendliness. The total yield of food powder from the seeds, as shown by studies, is up to 60% with a particle size of 0.3 mm.

**Ключевые слова:** безотходная технология, вторичные продукты, пищевой порошок, биологически активное вещество, ЭХА-вода, функциональные продукты, виноградные выжимки, экстракт.

**Keywords:** non-waste technology, secondary products, food powder, biologically active substance, ECA water, functional products, grape marc, extract.

### **Введение и постановка задач**

В связи со значительным ростом промышленной переработки сельскохозяйственного сырья, производства пищевых продуктов, соответственно увеличивается и количество вторичных продуктов производства – стеблей, выжимок, гребней, дрожжевых и гущевых осадков, коньячной барды и т.п., которые составляют до 25% от количества перерабатываемого сырья и являются весьма ценным сырьем для получения целого ряда продуктов, имеющих важное народнохозяйственное значение. Растущие объемы производства требуют, кроме всего прочего, применения существенных мер для снижения экологической опасности пищевых производств.

В настоящее время особое внимание уделяется поиску новых технологий биоконверсии растительного сырья, содержащего большинство известных на сегодня биологически активных веществ (БАВ) для создания функциональных пищевых продуктов. С этой точки зрения большой интерес представляет виноград и продукты его переработки. К таким продуктам относятся, в первую очередь, виноградные выжимки – отходы, остающиеся после прессования мезги для получения сусла, на предприятиях первичного виноделия.

В отрасли переработки винограда степень использования сырья для получения основной продукции (вино и сок) составляет около 75%, при этом образуется до 25% отходов, или, как принято говорить, вторичного сырья. В нашей республике в сезон перерабатывается до 90-100 тысяч тонн винограда, поэтому количество вторичных продук-

тов соответственно равно 23 – 25 тысяч тонн. Хотя известен ряд технологий, позволяющих производить различные продукты на основе использования вторичных ресурсов виноград-перерабатывающей отрасли, однако, эффективные ресурсосберегающие технологии переработки виноградных выжимок в действительно востребованную пищевую продукцию пока не разработаны и в реальной практике не применяются. В настоящее время виноградные выжимки используются в лучшем случае как удобрение или отправляются на корм скоту. Чаще же всего их безо всякой утилизации просто выбрасывают, что, естественно, усугубляет существующие экологические проблемы.

Виноградные выжимки, полученные как по белому, так и по красному способу, имеют богатый химический состав. В них содержатся ценные полифенольные соединения легкоусвояемые углеводы, органические кислоты, витамины В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, С. Исследование химического состава виноградных выжимок, проведенные различными авторами [1, 2], показало наличие в них широкого спектра БАВ, в том числе гликозидов, флавоноидов. Известна высокая фармакологическая активность флавоноидов, проявляющая гиполипидемические и гипогликемические свойства, а также капилляроукрепляющее действие. В экстракте виноградных выжимок преимущественно обнаружены флавоны и флавонолы. Известно, что потребление винограда по нормам, рекомендуемым Минздравом РФ, приводит к снижению уровня холестерина и способствует нормализации артериального давления.

**Разработка технологий  
производства экстрактов и  
порошков из  
виноградных выжимок**

Как показали проведенные исследования, из виноградных выжимок могут быть получены различные продукты, в частности, экстракт или порошок.

Для получения экстракта из виноградных выжимок разработана новая технология с использованием ЭХА-воды и электродиализа, отличающаяся высокой эффективностью, экологичностью, так как в отличие от существующих традиционных технологий она не требует использования химических реагентов. Известные способы получения экстракта виноградных выжимок имеют определенные недостатки: длительность процесса, необходимость больших затрат энергии для предварительной тепловой обработки, а также использование химических реагентов (серной кислоты) для регулирования кислотности экстракта.

Сравнение отдельных показателей предлагаемой технологии с традиционными показывает, что энергозатраты могут быть снижены на 27-42%, продолжительность процесса обработки сокращена за счет увеличения удельной производительности электродиализного аппарата на 21-26%, при этом выход экстракта из виноградных выжимок увеличивается на 25%.

Проведенными нами исследованиями также обоснована возможность производства пищевых порошков из свежих виноградных выжимок. Согласно предлагаемой технологии виноградные выжимки после соковыжимного пресса сушат в туннельных сушилках различной конструкции, распределяя

равномерным слоем на ленте аппарата до низкой конечной влажности  $W = 6\%$ . После сушки выжимки охлаждают и подвергают предварительному дроблению.

Предлагаемая технология производства порошков из виноградных выжимок является безотходной, так как в результате из вторичного сырья винодельческих предприятий производятся пищевые порошки двух видов: из мягкой части виноградных выжимок порошки, содержащие свыше 40 % сахаров в виде глюкозы и фруктозы, около 7% пектина, протеин, органические кислоты более 3%, другие ценные вещества, а из виноградных косточек порошки, содержащие до 30% азотистых веществ и более 18% липидов, ценные макро и микроэлементы и другие ценные компоненты. Полученные пищевые порошки с успехом могут использоваться в производстве различных пищевых изделий.

Наиболее грубые фракции порошка могут использоваться в качестве кормовой добавки в комбикорма, так как содержат легкоусвояемые углеводы, протеин. Грубые фракции порошка из виноградных косточек пойдут на корм птицам или на производство активированного угля, используемого фармацевтическими предприятиями.

Производство порошков из свежих виноградных выжимок реализуется следующим образом. Виноградные выжимки после соковыжимного пресса раскладывают равномерным слоем и сушат до низкой конечной влажности  $W = 6\%$ . После сушки выжимки охлаждают и подвергают предварительному дроблению, в результате которого мягкая часть выжимок отделяется от косточек

и разделяется. Полученную мягкую часть выжимок подвергают дальнейшему измельчению на устройствах ударного типа действия и разделяют на фракции. Таким образом можно получить пищевой порошок, состоящий из остатков виноградного сока, кожицы и семян ягод винограда в количестве 30-50 % с размером частиц  $\delta \leq 0,25$  мм и кормовой порошок, состоящий из грубых участков кожицы, плодоножек и остатков гребней винограда в количестве 50-70% с размером частиц  $\delta \geq 0,25$  мм.

Виноградные косточки подают на измельчение в устройства раздавливающего и истирающего способа действия. Измельченные косточки разделяют на пищевой порошок, состоящий из ядра виноградных косточек, и грубую фракцию порошка, состоящую из остатков ядра косточек и скорлупы. Грубую фракцию еще раз измельчают и разделяют на пищевой порошок и грубую фракцию, которую подают на окончательное измельчение и разделение. В результате образуется пищевой порошок, состоящий из ядра виноградных косточек, и кормовой порошок, состоящий из скорлупы косточек.

Общий выход пищевого порошка из косточек, как показали исследования, может составлять до 60% с размером частичек  $\delta = 0,3$  мм. Кормовой порошок из косточек с размером частичек  $\delta \geq 0,3$  мм составляет не менее 40%.

### **Заключение**

Авторы в настоящее время проводят исследования различных направлений и технологий производства новых видов пищевых продуктов с повышенной биологической ценностью в состав которых вводятся предлагаемые пищевые экстракты и порошки из виноградных выжимок [3]:

- функциональные безалкогольные напитки с добавлением экстракта виноградных выжимок;
- кондитерские изделия (батончики-мюсли, кексы, печенье, вафли) с кусочками высушенных виноградных выжимок;
- хлебобулочные изделия с использованием как экстракта, так и порошка из выжимок, либо сухих кусочков;
- съедобная потребительская тара для фасовки мороженого, сухих киселей, десертов.

### **Библиографический список**

1. Кваливидзе Д.Г., Бежуашвили М.Г. Фенольные соединения в винограде сорта Саперави и столовых виноматериалах из него для вин, контролируемых по месту происхождения // Виноделие и виноградарство. 2005. № 2. С. 21-22.
2. Осипова Л.А., Капрельянц Л.В. Функциональные напитки на основе пряно-ароматического растительного сырья // Пищевая промышленность. 2007. № 9. С. 74-75.
3. Ибрагимова Л.Р., Исламов М.Н. Овощные соусы с повышенной биологической ценностью // Совершенствование технологических процессов в пищевой, химической и перерабатывающей промышленности: сб. науч. тр. – Махачкала: Изд. ДГТУ, 2017. Вып. I. С. 81-84.

### **References**

1. Kvlividze D. G., Bezhuashvili M. G. Phenolic compounds in Saperavi grapes and table wine materials from it for wines controlled by the place of origin // Wine and viticulture. 2005. no. 2. Pp. 21-22.

2. Osipova L. A., Kaprelyants L. V. Functional drinks based on spicy-aromatic plant raw materials // Food industry. 2007. No. 9. P. 74-75.

3. Ibragimova L. R., Islamov M. N. Vegetable sauces with increased biological value // Improvement of technological processes in the food, chemical and processing industry: collection of scientific Tr. - Makhachkala: DSTU Publishing house, 2017. Issue I. C. 81-84.

*Статья поступила 14.02.2020 г.*

© Л.Р. Ибрагимова, М.Н. Исламов, К.Ш. Салаватова, 2020

---

**Сведения об авторах**  
**List of Authors**

---

*Ибрагимова Л.Р.* – кандидат технических наук, доцент кафедры пищевых производств, организации питания и товароведения Дагестанского государственного технического университета.

*Ibragimova L.R.* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Production, Organization of Nutrition and Commodity Science, Daghestan State Technical University.

*Исламов М.Н.* – кандидат технических наук, доцент кафедры пищевых производств, организации питания и товароведения Дагестанского государственного технического университета.

*Islamov M.N.* – Candidate of Technical Sciences, associate professor of the Department of Food Production, Organization of Nutrition and Commodity Science, Daghestan State Technical University.

*Салаватова К.Ш.* – студентка Дагестанского государственного технического университета.

*Salavatova K.Sh.* – Student, Daghestan State Technical University.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ КОМПОТОВ В ПОТОКЕ НАГРЕТОГО ВОЗДУХА С ВРАЩЕНИЕМ БАНОК

А.Ф. Демирова

Дагестанский государственный технический университет

Махачкала

uma.demirova@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследований по разработке математической модели процесса высокотемпературной тепловой обработки консервируемых компотов с вращением банок. Полученная модель обеспечивает расчет параметров температуры и продолжительности процесса тепловой обработки с погрешностью не более 5%.

**Abstract.** The article presents the results of studies on the development of a mathematical model of the process of high-temperature heat treatment of canned stewed fruit with cans rotation. The resulting model provides the calculation of temperature parameters and the duration of the heat treatment process with an error of no more than 5%.

**Ключевые слова:** математическая модель, высокотемпературный нагрев, ротация, температура, скорость теплоносителя, вращение стеклoбанки.

**Keywords:** mathematical model, high-temperature heating, rotation, temperature, coolant speed, glass bank rotation.

Вопросы интенсификации процесса пастеризации консервов с применением высокотемпературных режимов и ротации стеклoбанок имеют важное практическое значение для совершенствования самого продолжительного и обязательного процесса в технологии производства всех консервируемых продуктов. [1 – 6].

Использование воздуха с высокой температурой в качестве теплоносителя имеет ряд преимуществ, в числе которых, доступность и возможность нагрева атмосферного воздуха до вы-

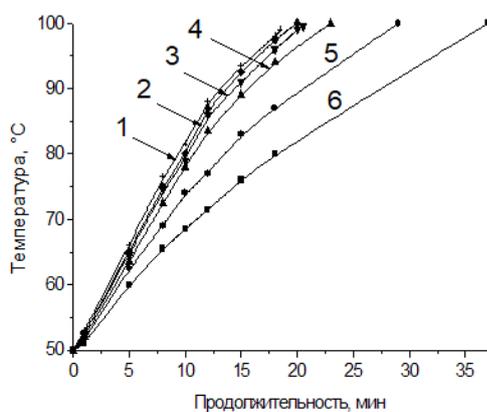
соких, двухсот и более °С при атмосферном давлении, что в свою очередь упрощает и саму реализацию процесса.

Применение вращения стеклoбанок при пастеризации устраняет не только неравномерность термообработки, оно одновременно увеличивает коэффициент теплопередачи от теплоносителя к продукту, что обеспечивает увеличение скорости нагрева продукта, сокращение времени термообработки и тем самым способствует улучшению качества готового продукта [7 – 10].

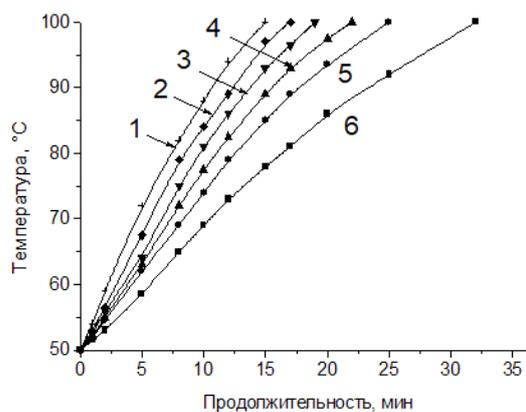
С учетом сложности гидродинами-

ческой картины, а также и влияния различных физических факторов на процесс нагрева продукта в банке, не дающего однозначного аналитического результата для установления математической модели исследуемого процесса при расчете основных параметров процесса, к которым относится интенсив-

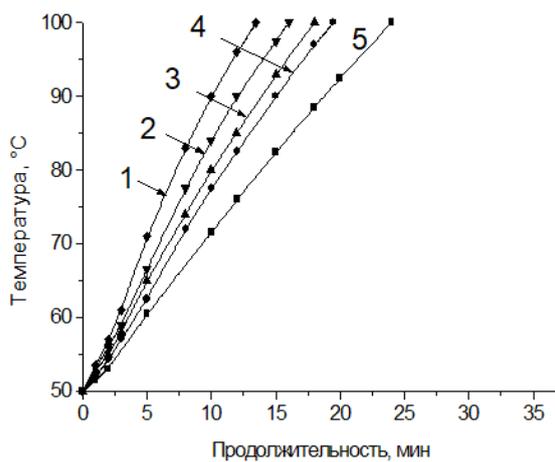
ность нагрева и его продолжительность, в работе автора [1] было экспериментально изучено поле температур центрального слоя продукта в стеклобанке при термической обработке их нагретым воздухом с вращением их с «доньшка на крышку» (рисунок).



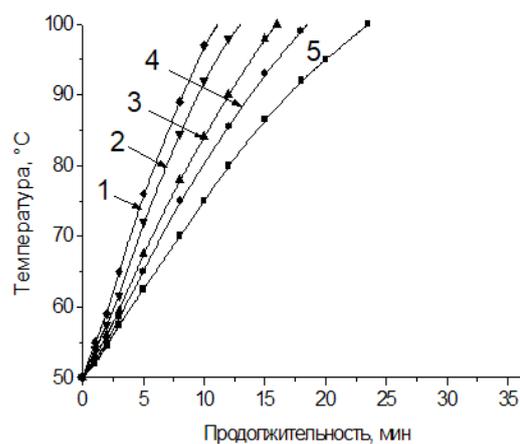
а



б



в



г

Рисунок – Графики температур в центральном слое компота из черешни с вращением стеклобанки 1-82-500 с «доньшка на крышку» при различных параметрах теплоносителя: 1)  $u_в=8,5$  м/с; 2)  $u_в=7,0$  м/с; 3)  $u_в=6,5$  м/с; 4)  $u_в=5,0$  м/с; 5)  $u_в=3,5$  м/с; 6)  $u_в=1,5$  м/с и температурах: а –  $120^{\circ}\text{C}$ ; б –  $130^{\circ}\text{C}$ ; в –  $140^{\circ}\text{C}$ ; г –  $150^{\circ}\text{C}$

Из рисунка видно, что продолжительность времени нагрева от 50 до  $100^{\circ}\text{C}$  при постоянном температурном уровне, в зависимости от скорости со-

кращается от 38 мин (рисунок 1а) до 18 мин, при скорости теплоносителя 8,5 м/с. Аналогичная тенденция имеет место и при температурах теплоносителя

130 (б), 140 (в) и 150°C (г).

По результатам исследований можно установить оптимальную скорость теплоносителя, которая составляет 5–6 м/с, так как последующее повышение мало влияет на продолжительность процесса.

Установлено также влияние температуры теплоносителя, а именно при повышении температуры нагретого воздуха со 120 до 130 °С, при неизменной скорости, продолжительность процесса нагрева компота до 100 °С сокращается с 38 мин (при 120 °С) до 32 мин. Дальнейшее повышение температуры до 140 и 150 °С, также приводит к сокращению продолжительности соответственно до 25 и 23 мин.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что для банки СКО 1–82–500 оптимальной температурой теплоносителя (нагретого воздуха) можно считать  $t_{в} = 140 \div 150$  °С, и дальнейшее увеличение температуры нецелесообразно.

Аналогичные исследования по прогреваемости проведены для консервов «Компот из черешни» в таре СКО 1–82–1000 и СКО 1–82–3000.

Полученные в проведенных экспериментах результаты обработаны таким образом, чтобы можно было оценить интенсифицирующее влияние основных факторов, получить необходимые их значения, входящие в описанную далее математическую модель, а также обеспечить возможность приближенного предсказания изменения температуры в банке при реализации любого намеченного режима в пределах исследованного диапазона изменения параметров.

С учетом литературных данных и анализа собственных эксперименталь-

ных данных были определены следующие четыре параметра, влияющие на интенсивность и продолжительность нагрева до конечного температурного уровня:

- $T_1$  – температура теплоносителя;
- $\vartheta$  – скорость теплоносителя;
- $V$  – объем стеклoбанки;
- $T_2$  – начальная температура продукта.

В результате тщательного анализа экспериментальных кривых по предварительным опытам, и учитывая сравнительно простую структуру, принята степенная зависимость искомой функции ( $\tau$ ) от определяющих факторов:

$$\tau = b_1' T_1^{b_2} \vartheta^{b_3} V^{b_4} T_2^{b_5}, \quad (1)$$

где  $b_1'$ ,  $b_2$ ,  $b_3$ ,  $b_4$ ,  $b_5$  – коэффициенты регрессии, определяемые по результатам опытов. Путем логарифмирования уравнение (1) можно свести к линейному виду:

$$Y = b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_4 + b_5 X_5,$$

где обозначено:  $Y = \ln \tau$ ,  $b_1 = \ln b_1'$ ,  $X_1$  – фиктивная переменная, всегда равная 1,0;  $X_2 = \ln T_1$ ;  $X_3 = \ln \vartheta$ ;  $X_4 = \ln V$  и  $X_5 = \ln T_2$ .

Интервалы варьирования факторов из (1) приняты следующие:  $T_1 = (120 - 150)$  °С,  $\vartheta = (1,2 - 7,5)$  м/с,  $V = (0,5 - 3)$  л,  $T_2 = (45 - 65)$  °С.

Оптимальную частоту вращения тары определяем опытным путем, она составила: для банки СКО 1-82-500 – (6-7) об/мин; СКО 1-82-1000 – (9-10) об/мин; СКО 1-82-3000 – (15-16) об/мин.

Интервалы варьирования факторов приняты, исходя из значений, встречаемых в реальных практических услови-

ях, возможности реализации на лабораторной установке. Их можно считать оптимальными для исследуемого процесса.

Экспериментальные исследования по прогреваемости компотов проводились на лабораторной установке. Температуру в наименее прогреваемой точке вращающейся банки с продуктом измеряли с помощью хромель-копелевых термопар, с повторностью опытов два раза, вследствие того, что результаты повторных опытов в предварительной серии давали незначительные расхождения.

Окончательное уравнение в безмерных факторах с учетом доверительного интервала имеет вид:

$$Y = 3,1164 - 0,1692 x_2 - 0,3186 x_3 + 0,2316 x_4 - 0,188 x_5 \pm 0,018$$

Выразим изучаемые параметры через натуральные факторы, получим окончательную зависимость для определения продолжительности нагрева компотов до 100°C:

а) без учета доверительных интервалов

$$\tau = 3136755 T_1^{-1,51691} \cdot V^{-0,34767} \cdot V_0^{0,2585} \cdot T_2^{-1,02275}$$

или в другой форме

$$3136755 \cdot V_0^{0,259}$$

$$\tau = \frac{3136755 \cdot V_0^{0,259}}{T_1^{1,517} \cdot V^{0,348} \cdot T_2^{1,023}}$$

б) с учетом доверительных интервалов

$$\tau = 3136755 \cdot T_1^{-1,517} \cdot V^{-0,348} \cdot V_0^{0,259} \cdot T_2^{-1,023} \cdot k_1,$$

где  $k_1 = e^{\pm 0,018} = 0,982 - 1,018$ .

В результате выполнения аналогичных расчетов зависимость для определения скорости нагрева компотов получена в виде:

$$W = 0.001582 \cdot T_1^{1,504} \cdot V^{0,347} \cdot V_0^{-0,261} \cdot T_2^{-0,141} \cdot k_2,$$

где  $k_2 = e^{\pm 0,0188} = 0,981 - 1,019$ .

Адекватность полученных моделей проверяли с помощью  $F$ -критерия по результатам опыта, поставленного в центре эксперимента.

Значение  $F_{расч} < F_{табл}$  при 5% уровне значимости.

Таким образом, модель адекватно описывает заданную область изменения параметров. Относительная погрешность между расчетными и опытными данными составляет от 2 до 5%.

### Библиографический список

1. Ахмедов М.Э., Мукайлов М.Д., Демирова А.Ф., Гончар В.В. Математическое моделирование процесса воздушного охлаждения консервируемых продуктов в аппаратах ротационного типа // Проблемы развития АПК региона. 2017. Т. 29. № 1 (29). С. 109-112.
2. Ахмедов М.Э., Демирова А.Ф., Ахмедова М.М., Ахмедов Р.А. Устройство для предварительного нагрева перед стерилизацией плодов и овощей в банках // Хранение и переработка сельхозсырья. 2013. № 8. С. 46-48.
3. Ахмедов М.Э., Демирова А.Ф. Способ консервирования компота из яблок // Патент России № 2468673. 2012. Бюл. № 34.

4. Ахмедов М.Э., Демирова А.Ф., Рахманова М.М. Патент России № 2470560. Способ производства компота из груш и айвы. 2012. Бюл. № 36.

5. Демирова А.Ф., Исмаилов Т.А., Ахмедов М.Э. Ротационная ступенчатая стерилизация компотов в стеклянной таре СКО 1-82-1000 // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2010. Т.19. № 4. С.66-71.

6. Демирова А.Ф., Исмаилов Т.А., Ахмедов М.Э. Исследование прогреваемости компотов при ступенчатом нагреве и охлаждении в статическом состоянии // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2010. Т.18. № 3. - С.138-143

7. Демирова А.Ф., Исмаилов Т.А., Ахмедов М.Э. Ступенчатая ротационная стерилизация компотов в стеклянной таре СКО 1-82-1000 // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2010. № 4. С. 72-74.

8. Мукайлов М.Д., Ахмедов М.Э., Демирова А.Ф., Гончар В.В. Инновационная технология производства компота из яблок со стерилизацией в аппаратах периодического действия с двухступенчатым охлаждением // Проблемы развития АПК региона. 2017. Т. 30. № 2 (30). С. 90-94.

### **References**

1. Axmedov M.E`., Mukailov M.D., Demirova A.F., Gonchar V.V. Matematicheskoe modelirovanie processa vozdušnogo oxlazhdeniya konserviruemy`x produktov v apparatax rotacionnogo tipa // Problemy` razvitiya APK regiona. 2017. Т. 29. № 1 (29). S. 109-112.

2. Axmedov M.E`., Demirova A.F., Axmedova M.M., Axmedov R.A. Ustrojstvo dlya predvaritel`nogo nagreva pered sterilizaciej plodov i ovoshhej v bankax // Xranenie i pe-rerabotka sel`xozsy`r`ya. 2013. № 8. S. 46-48.

3. Axmedov M.E`., Demirova A.F. Sposob konservirovaniya kompota iz yablok // Patent Rossii № 2468673. 2012. Byul. № 34.

4. Axmedov M.E`., Demirova A.F., Raxmanova M.M. Patent Rossii № 2470560. Sposob proizvodstva kompota iz grush i ajvy`. 2012. Byul. № 36.

5. Demirova A.F., Ismailov T.A., Axmedov M.E`. Rotacionnaya stupenchataya sterilizaciya kompotov v steklyannoj tare SKO 1-82-1000 // Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta. Texnicheskie nauki. 2010. Т.19. № 4. S.66-71.

6. Demirova A.F., Ismailov T.A., Axmedov M.E`. Issledovanie progrevaemosti kom-potov pri stupenchatom nagreve i oxlazhdenii v staticheskom sostoyanii // Vestnik Dage-stanskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta. Texnicheskie nauki. 2010. Т.18. № 3. - S.138-143

7. Demirova A.F., Ismailov T.A., Axmedov M.E`. Stupenchataya rotacionnaya sterili-zaciya kompotov v steklyannoj tare SKO 1-82-1000 // Izvestiya vy`sshix uchebny`x zavedenij. Pish-hevaya texnologiya. 2010. № 4. S. 72-74.

8. Mukailov M.D., Axmedov M.E`., Demirova A.F., Gonchar V.V. Innovacionnaya texnologiya proizvodstva kompota iz yablok so sterilizaciej v apparatax periodicheskogo dej-stviya s dvuxstupenchaty`m oxlazhdeniem // Problemy` razvitiya APK regiona. 2017. Т. 30. № 2 (30). S. 90-94.

*Статья поступила 28.02.2020 г.*

© А.Ф. Демирова, 2020

---

**Сведения об авторе**  
**List of Authors**

---

*Демирова А.Ф.* – доктор технических наук, доцент, заведующая кафедрой пищевых производств, организации питания и товароведения Дагестанского государственного технического университета.

*Demirova A.F.* – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Food Production, Organization of Nutrition and Commodity Science, Daghestan State Technical University.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДИФфуЗИОННЫХ КРЕМНИЕВЫХ СТРУКТУР

Т.А. Исмаилов, А.Р. Шахмаева, Б.А. Шангереева, Л.И. Темирханова

Дагестанский государственный технический университет  
Махачкала  
fpk12@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье описывается оптимизация технологии изготовления диффузионных кремниевых структур. Проведены эксперименты для получения диффузионных кремниевых структур и их апробация с положительным результатом.

**Abstract.** This article describes optimization of production diffusional silicon patterns. Experiments were performed for getting diffusional silicon patterns and they were practically tested with a positive result.

**Ключевые слова:** диффузия, разгонка, загонка, фосфор, пластина, кремниевая структура, транзистор, модель.

**Keywords:** diffusion, acceleration, shutter, phosphorus, plate, silicon structure, transistor, model.

### Введение

Диффузионные кремниевые структуры (ДКС) являются исходными для изготовления мощных высоковольтных полупроводниковых приборов. Анализ развития полупроводниковых технологий показывает, что на ДКС удается получать приборы с улучшенными характеристиками по сравнению с аналогичными, изготовленными на обычных кремниевых пластинах. На диффузионных кремниевых структурах формируется структура кристалла мощного транзистора и поэтому от качества из-

готовления диффузионных кремниевых структур зависит ПВГ – процент выхода годных транзисторов.

### Постановка задачи

Основные преимущества ДКС с определенными значениями глубин диффузии примесей заключены в уменьшении влияния паразитных эффектов и улучшении характеристик прибора. Такими значениями являются: толщина пластины  $350 \pm 50$  мкм, глубина диффузии – 180-200 мкм, шероховатость поверхности должна соответство-

вать 14 классу чистоты; поверхность не должна иметь сколов, подтеков, риск. Для этого должны быть проведены исследование методов изготовления ДКС, разработка технологической модели ДКС, расчет технологических режимов диффузии фосфора на глубину 180-200 мкм, экспериментальное исследование и выбор оптимальных режимов получения глубокой диффузии фосфора. Проведение эксперимента по расчетным (теоретическим) данным и их корректировка сократит более чем в два раза материальные затраты на разработку основных технологических режимов диффузии.

### **Метод решения**

Освоение технологического процесса изготовления ДКС проводилось с использованием кварцевой и карбидкремниевой оснастки в связи с тем, что процессы высокотемпературные в пределах 1250-1300°C при длительности процесса 180-200 часов [1].

Для проведения экспериментов были использованы пластины монокристаллического кремния диаметром 100 мм и толщиной 630±20 мкм.

Источником диффузии являлся – диффузант-фосфор оксид хлорид особо чистый (ТУ6-09-5257-90).

Процессы загонки и разгонки проводились на установке СДОМ – 3/100 (система диффузионная однозонная многотрубная) в различных каналах. Контроль процессов загонки и разгонки проводили по значению поверхностного сопротивления на измерителе FPP-5000 и по глубине диффузии [2].

Оптимальный результат был получен путем изменения параметров: температура процесса, концентрация диф-

фузанта, расход технологических газов (азот, кислород), расстояние между пластинами.

Экспериментально были определены оптимальные значения параметров, удовлетворяющие процессу получения глубины диффузии фосфора – 180-200 мкм:

- рабочая температура процесса загонки;
- рабочая температура процесса разгонки фосфора;
- значение поверхностного сопротивления процесса загонки фосфора;
- значение глубины диффузии на этапе загонки фосфора;
- значение поверхностного сопротивления разгонки фосфора для получения требуемой глубины диффузии;
- расход азота в канале;
- расход азота через питатель;
- расход кислорода;
- длительность процесса загонки и разгонки;
- расстояние между пластинами.

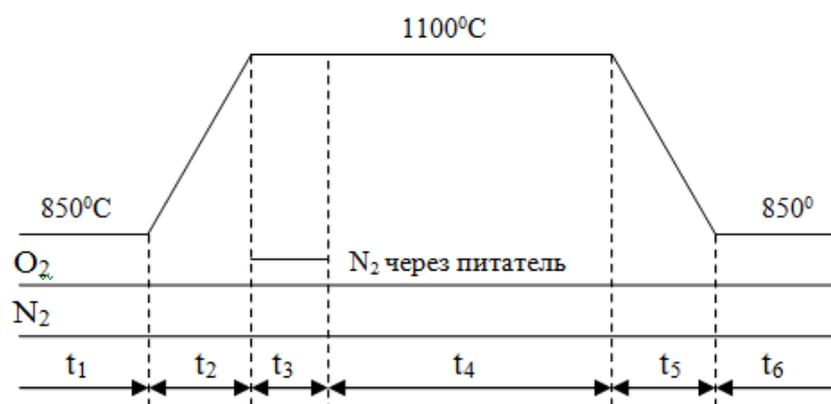
Получен и разработан оптимальный маршрут изготовления ДКС, включающий следующие основные технологические операции: отмывка пластин; загонка фосфора; измерение глубины диффузии и поверхностного сопротивления (на контрольных образцах); окисление; разгонка фосфора; отмывка пластин; измерение глубины диффузии и поверхностного сопротивления; шлифовка пластин; полировка пластин; контроль пластин.

Были установлены следующие технологические режимы:

Температура процесса загонки по расчетным данным равна 9000 °С, время проведения загонки 6 минут.

Температура процесса разгонки по расчетным данным равна 10000 °С, время проведения разгонки 88 часов.

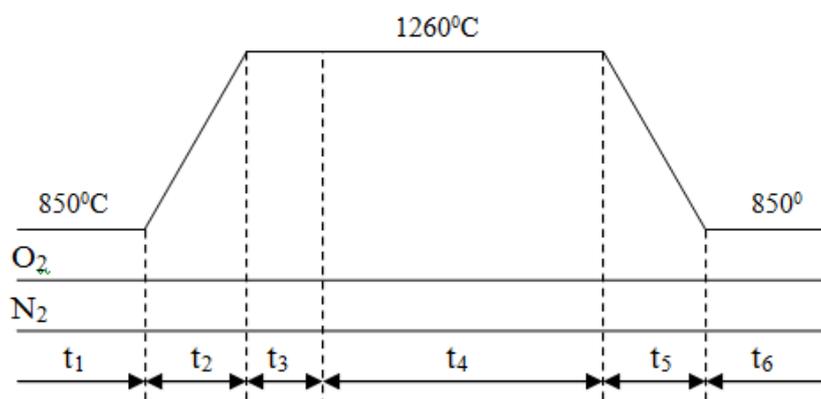
На рисунках 1 и 2 показаны гистограммы процессов (загонка и разгонка) диффузии фосфора.



$t_1 = 10 \div 15$  мин.  
 $t_2 = 5^\circ\text{C}/\text{мин}$  ( $\approx 1 \text{ ч } 15 \text{ мин}$ )  
 $t_3 = 10$  мин продувка  
 $t_4 = 60$  мин  
 $t_5 = 5^\circ\text{C}/\text{мин}$  ( $\approx 1 \text{ ч } 20 \text{ мин}$ )  
 $t_6 = 10 \div 15$  мин.

Расход:  
 $\text{O}_2 = 37,8 \pm 0,5$  л/ч  
 $\text{N}_2 = 740 \pm 10$  л/ч  
 $\text{N}_2$  через питатель  
 $36,7$  л/ч (0,001%)

Рисунок 1 – Гистограмма процесса загонки фосфора



$t_1 = 15 \div 25$  мин  
 $t_2 = 2 \text{ ч } 30 \text{ мин}$   
 $t_3 = 10$  мин продувка  
 $t_4 = 180 \text{ мин} \pm 30 \text{ мин}$   
 $t_5 = 2 \text{ ч } 30 \text{ мин}$   
 $t_6 = 15 \div 25$  мин

Расход:  
 $\text{O}_2 = 37,8 \pm 10$  л/ч  
 $\text{N}_2 = 740 \pm 10$  л/ч

Рисунок 2 – Гистограмма процесса разгонки фосфора

### **Заключение**

ДКС, изготовленные по данной технологии, были апробированы на производстве ОАО «Эльдаг». Пластины использовались для изготовления мощных транзисторов типа КТ-872. Сравнительный анализ технологических данных показал, что процент выхода год-

ных транзисторов КТ-872, выполненных на основе рассмотренных в работе ДКС, был превышен на 5-7% по сравнению с аналогичными структурами других производителей. Эффективность технологии заключается в экономии временных затрат и хорошей воспроизводимости результатов.

### **Библиографический список**

1. Исмаилов Т.А., Шахмаева А.Р., Саркаров Т.Э., Шангереева Б.А. Способ обработки кварцевой оснастки в процессе изготовления структур микро- и nano-электроники // Стекло и керамика. 2018. № 12. С. 37-36.

2. Исмаилов Т.А., Шахмаева А.Р. Транзисторные структуры силовой электроники. – СПб.: Политехника, 2011. – 125 с.

### **References**

1. Ismailov T.A., Shakhmaeva A.R., Sarkarov T.E., Shangereeva B.A. Sposob obrabotki kvarcevoj osnastki v processe izgotovleniya struktur mikro- i nano-e`lektroniki // Stek-lo i keramika. 2018. № 12. S. 37-36.

2. Ismailov T.A., Shakhmaeva A.R. Tranzistorny`e struktury` silovoj e`lektroniki. – SPb.: Politehnika, 2011. – 125 s.

*Статья поступила 3.03.2020 г.*

© Т.А. Исмаилов, А.Р. Шахмаева, Б.А. Алиева, Л.И. Темирханова, 2020

---

### **Сведения об авторах** **List of Authors**

---

*Исмаилов Т.А.* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической и общей электротехники Дагестанского государственного технического университета.  
*Ismailov T.A.* – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Theoretical and General Electrical Engineering, Daghestan State Technical University.

*Шахмаева А.Р.* – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и общей электротехники Дагестанского государственного технического университета.

*Shakhmaeva A.R.* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Theoretical and General Electrical Engineering, Daghestan State Technical University.

*Шангереева Б.А.* – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и общей электротехники Дагестанского государственного технического университета.

*Shangereeva B.A.* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Theoretical and General Electrical Engineering, Daghestan State Technical University.

*Темирханова Л.И.* – студентка Дагестанского государственного технического университета

*Temirkhanova L.I.* – Student of the Daghestan State Technical University.

## ПРИМЕНЕНИЕ СОЕДИНЕНИЙ С НАТЯГОМ В УЗЛАХ КОНСТРУКЦИЙ ПЕШЕХОДНЫХ МОСТОВ

В.А. Федоренко, Л.Ю. Соловьев

Сибирский государственный университет путей сообщения  
Новосибирск  
sky.97@bk.ru

**Аннотация.** На основе анализа подхода к проектированию пешеходных мостов в последнее время была выявлена тенденция к проектированию мостов из трубчатых элементов. В качестве основного соединения элементов в узлах применяется сварка, при этом, для наложения качественных сварочных швов требуются значительные затраты времени и ресурсов, поэтому, в статье рассматривается возможность применения соединения с натягом, используемого в машиностроении, для соединения трубчатых элементов в узлах пролётных строений. На основе выполненных расчётов, выявлено, что для использования методике, применяемой в машиностроении, её необходимо доработать.

**Abstract.** Based on an analysis of the approach to designing pedestrian bridges, a tendency has recently been identified to design bridges from tubular elements. Welding is used as the main connection of the elements in the nodes; moreover, for the application of high-quality welding seams considerable time and resources are required, therefore, the article considers the possibility of using an interference fit used in mechanical engineering to connect tubular elements in the nodes of the span structures. Based on the calculations made, it was revealed that to use the methodology used in mechanical engineering, it needs to be improved.

**Ключевые слова:** соединения с натягом, пешеходные мосты, трубчатые мосты, горячая посадка.

**Keywords:** interference fit, pedestrian bridges, tubular bridges, hot landing.

### Введение

В последнее время довольно широкое применение при разработке новых конструктивных форм мостовых сооружений находит «бионический подход», опирающийся на концепцию использо-

вания идей природы для решения проблем мостостроения [1].

Это сформировало тенденции к проектированию пешеходных мостов из трубчатых элементов, что в очередной раз подчеркивает их лёгкость и связь с

окружающим миром (рисунок 1).

Основной проблемой в таких конструкциях являются значительные временные затраты по центрированию элементов, потому что только так можно добиться качественного сварного

шва, поэтому целью данной работы является рассмотрение возможности применения соединения с натягом, используемого в машиностроении, в узлах конструкции мостов из трубчатых элементов.



Рисунок 1 – «Двухсотлетний» пешеходный мост в Испании и пешеходный мост «M8 Harthill» в Великобритании

### Экспериментальная часть

Расчёт соединения выполнялся применительно к модели пешеходного моста, конечно-элементная модель которого выполнена в программном комплексе *MidasCivil*. При этом при проектировании учитывались современные тенденции в области пешеходных мостов (рисунок 2). В элементах модели были определены продольные усилия.

В [2] рассмотрен следующий подход к определению несущей способности контакта соединения с натягом

$$F = \pi \cdot d \cdot \ell \cdot p \cdot \mu,$$

где  $d$  – внешний диаметр охватываемой детали, м;  $\ell$  – длина сопряжения, м;  $p$  – давление в соединении, Па;  $\mu$  – коэффициент трения.

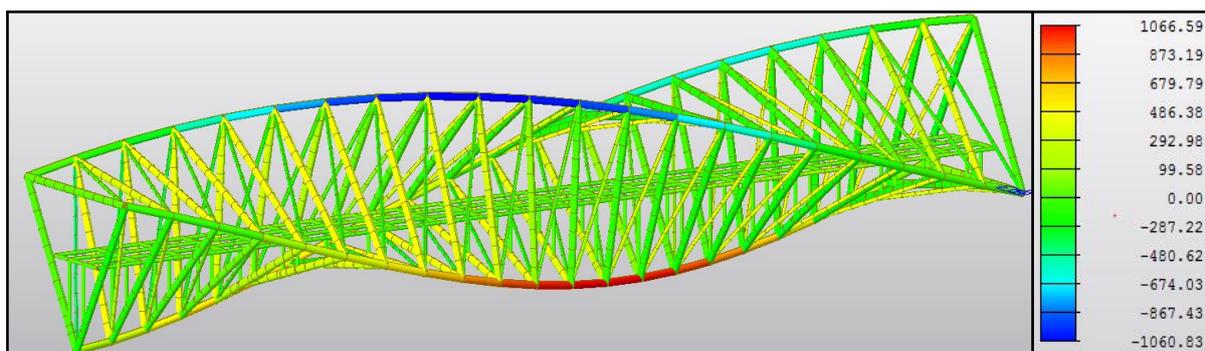


Рисунок 2 – Распределение продольных усилий  $N$ (кН) в элементах пролётного строения

Также предлагается формула для расчёта напряжений на основе давления в соединении

$$p = \frac{E\delta}{d \cdot (C_1 + C_2)},$$

где  $\delta$  – натяг в соединении, м;  $E$  – модуль упругости материала, Па;  $d$  – внешний диаметр охватываемой детали, м;  $C_1, C_2$  – расчётные коэффициенты.

Расчет нормальных напряжений в конструкции производился по формулам:

$$\sigma_t = p \cdot \frac{1 + (d/d_2)^2}{1 - (d/d_2)^2}; \quad (1)$$

$$\sigma_\ell = p \cdot \frac{2 \cdot (d_1/d)^2}{1 - (d_1/d)^2}; \quad (2)$$

Для подробного исследования

напряжённо-деформированного состояния области контакта в соединении была выполнена конечно-элементная модель в программном комплексе *Ansys Workbench*.

Модель выполнена с помощью объёмных конечных элементов, поскольку для корректной оценки НДС необходима информация о компонентах напряжений и деформаций по всем направлениям.

### Результаты

Был выполнен конечно-элементный расчёт соединения, результаты которого приведены на рисунке 3, а также выполнен расчёт нормальных напряжений по формулам (1) и (2), получены результаты 37,98 МПа и 33,83 соответственно.

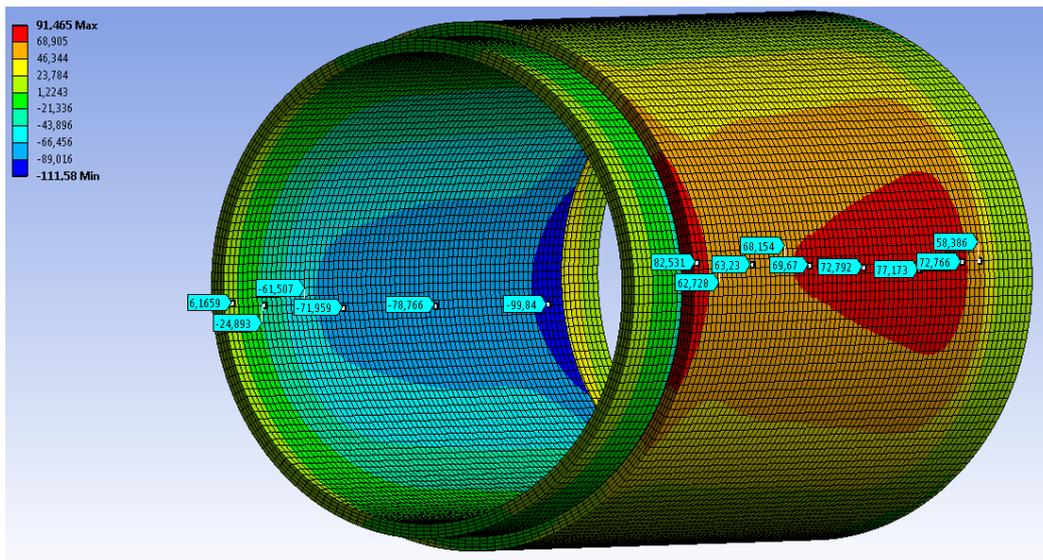


Рисунок 3 – Изополя нормальных напряжений в соединении

### Заключение

В результате решения контактной задачи соединения с натягом, было выявлено, что напряжения в зоне контакта не превышают предела текучести стали, но при этом значительно превыша-

ют значения, полученные по формулам (1) и (2). При этом определено неравномерное распределение напряжений по длине сопряжения деталей, а также их резкое увеличение по концам соединяемых деталей. Это связано с относи-

тельно большими длинами сопряжений деталей (понятие среднее давление  $p$  неприменимо). Таким образом, методика, предложенная при расчётах деталей в машиностроении, не позволяет точно определить напряжения в элементах

соединения пролётного строения. Для окончательной оценки возможности применения данного соединения в пешеходных мостах, необходимо выполнить ряд экспериментов.

### **Библиографический список**

1. Овчинников И.И., Караханян А.Б., Овчинников И.Г., Скачков Ю.П. Современные пешеходные и велосипедные мосты (основные концепции проектирования и примеры): моногр. - Пенза: ПГУАС, 2018. – 140 с.
2. Гречищев Е.С., Ильяшенко А.А. Соединения с натягом: расчёты, проектирование изготовление. – М.: Машиностроение, 1981. – 247 с.

### **References**

1. Ovchinnikov I.I., Karaxanyan A.B., Ovchinnikov I.G., Skachkov Yu.P. Sovremennyye peshexodny`e i velosipedny`e mosty` (osnovny`e koncepcii proektirovaniya i primery`): monogr. - Penza: PGUAS, 2018. - 140 s.
2. Grechishhev E.S., Il'yashenko A.A. Soedineniya s natyagom: raschyoty`, proektirovanie izgotovlenie. – M.: Mashinostroenie, 1981. – 247 s.

*Статья поступила 21.02.2020 г.*

© В.А. Федоренко, Л.Ю. Соловьев, 2020

---

### **Сведения об авторах List of Authors**

---

*Федоренко В.А.* – студент Сибирского государственного университета путей сообщения.

*Fedorenko V.A.* – Student of the Siberian Transport University.

*Соловьев Л.Ю.* – кандидат технических наук, доцент кафедры мостов Сибирского государственного университета путей сообщения.

*Soloviev L.Yu.* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Bridges, Siberian Transport University

## ЗАЩИТА КОЖИ ЧЕЛОВЕКА ОТ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИРОДНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ

Ф.Ш. Азимова, Р.М. Гаджимурадова, Н.А. Шагина

Дагестанский государственный технический университет  
Махачкала  
faina\_azimova@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрен вопрос защиты от ультрафиолетового излучения солнечного света природными красителями кожи человека. Установлено, что одним из способов защиты кожи человека от избыточного и вредного воздействия ультрафиолетовых лучей является одежда и текстиль, из которой она произведена. Задача решается путем создания текстиля, который без ухудшения его исходных потребительских свойств, необходимых для жаркого климата, не пропускал бы значительную часть ультрафиолетовых лучей зоны А и В.

**Abstract.** The article considers the issue of protection against ultraviolet radiation from sunlight by natural dyes of human skin. It has been established that one of the ways to protect human skin from excessive and harmful effects of ultraviolet rays is clothing and textiles from which it is made. The problem is solved by creating textiles that, without deteriorating their initial consumer properties, necessary for a hot climate, would not let a significant part of the ultraviolet rays of zone A and B.

**Ключевые слова:** природа, краситель, текстиль, волокно, излучение, пигмент, спектр, объект, луч.

**Keywords:** nature, dye, textile, fiber, radiation, pigment, spectrum, object, beam.

### Введение

Жизнь на нашей планете могла возникнуть только при участии солнечного света, содержащего электромагнитное излучение с различной длиной, частотой и энергией. Фотобиосинтез растениями биологически активных веществ и биосинтез белков (опосредо-

ванно) связаны, обусловлены солнечным светом и, прежде всего, лучами видимой части и примыкающими к ней мягкими лучами ближнего УФ (290-380 нм). Эти виды излучения «генерируют» жизнь. Более жесткие УФ-лучи < 290 нм, имеющие энергию достаточную для разрыва химических ковалентных свя-

зей, могут только разрушать живые организмы. При взаимодействии с материалами, содержащими вещества (неорганические и органические) определенного химического строения, способных избирательно поглощать из падающего на материал излучения определенную долю видимой части спектра и отражать (непрозрачный материал) или пропускать (прозрачный материал)

остальную часть видимых лучей. Такими свойствами обладают красители и пигменты.

В солнечном спектре видимая часть спектра всегда есть (рисунок 1), а в некоторых искусственных, например, рентген, СВЧ, радио, ИК, УФ – её нет. Но в специальных искусственных источниках, имитирующих солнечный свет, видимая часть присутствует.

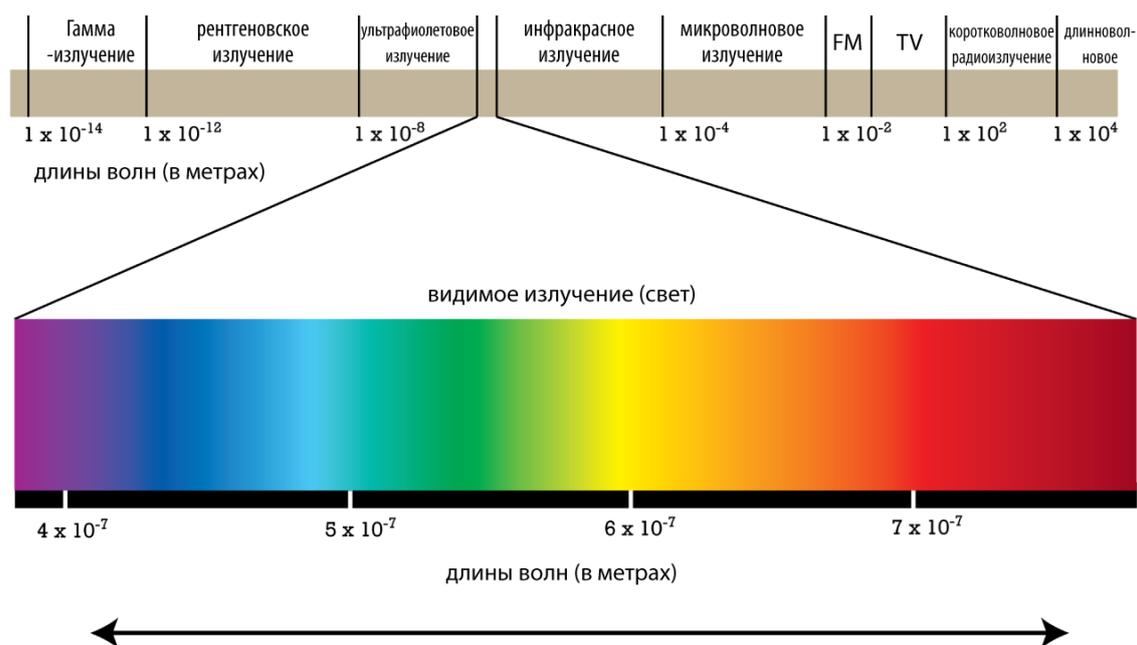


Рисунок 1 – Солнечный спектр

### Методика проведения испытаний

Поскольку интенсивный солнечный свет, попадая на незащищенную кожу человека, может вызывать её повреждение вплоть до рака кожи, то возник интерес к разработке препаратов, материалов (одежды) для защиты от УФ-излучения. Проблема усугубляется большой любовью многих людей к загару в регионах с интенсивной солнечной радиацией. Многие жители городов для приобретения модного загара пользуются в салонах красоты специальными

лампами, имитирующими солнечный спектр. Природа давно в процессе эволюции нашла способ защиты живых организмов от повреждения избытком УФ-лучей. В растительном и животном (в случае человека) мире защита от УФ-излучения решается с помощью природных красителей, являющихся прекрасным поглотителем УФ-лучей (УФ-абсорберы).

Практически все растения, особенно произрастающие в жарких странах, содержат красители, выполняющие

многие функции, в том числе УФ-абсорберов.

В случае человека природа, эволюция решила этот вопрос путем интенсивной пигментации кожи людей, издавна проживающих в регионах с повышенной солнечной радиацией. Краситель, отвечающий за пигментацию кожи – меланин способен вырабатываться и у белокожих людей (появление загара), у желтой расы и негроидной этот пигмент присутствует в коже от рождения. Более чувствительна к УФ-лучам кожа белых людей, особенно женщин, детей и очень чувствительна у рыжих людей.

Эффект действия на кожу зависит от длины УФ-лучей и несущей ими энергии (короче длина волны – выше энергия). Негативное действие УФ-лучей выражается в старении кожи, повреждении аппарата клеток кожи, вплоть до рака кожи. Избыток УФ-лучей также может вредно действовать на зрение (солнцезащитные очки). В зависимости от длины волны УФ и его действия на кожу человека его делят на три зоны: УФ – А (320-400 нм), УФ – В (290-320 нм), УФ – С (200-290 нм). Поверхности Земли достигают только лучи двух зон – А и В, а коротковолновые – зона С (200-290 нм) в значительной мере поглощаются озоновым слоем верхней части атмосферы. Но искусственные источники света могут содержать эти «жесткие» УФ-лучи зоны В. Поверхность Земли содержит достигающие УФ-лучи зоны В – 6%, зоны А – 94%.

УФ-лучи зоны А вызывают только понижение иммунного потенциала клеток кожи, а лучи зоны В могут вызывать рак кожи [2].

Одним из способов защиты кожи человека от избыточного и вредного воздействия УФ-лучей является одежда и текстиль, из которой она произведена.

УФ – защитные свойства текстиля зависят от множества факторов:

- химической и физической природы волокон;
- структуры пряжи и тканей, крутка, плотности, веса, пористости;
- вида заключительной отделки, то есть аппретирующих препаратов, наносимых на текстиль;
- химического строения и концентрации красителя.

Все эти факторы проявляют себя через снижение доли прошедших через текстиль одежды УФ-лучей. А это, в свою очередь, зависит от способности всех составляющих текстиля поглощать УФ-лучи или их пропускать.

Наиболее значимыми среди всех факторов является химическое строение волокон (полимеры волокон способны в большей или меньшей степени поглощать УФ) и химическое строение красителей, поглощающих интенсивно не только в видимой части солнечного спектра, но и в УФ-области. Многие природные красители, как и синтетические, являются УФ-абсорберами. Количественно УФ защитный эффект материала (любого, в том числе текстиля) оценивается показателем UPF (UltravioletProtectionFactor). UPF-доля поглощенных материалом УФ-лучей.

В настоящее время ведутся исследования по использованию природных красителей, способных повышать поглощающую способность текстиля.

Положительные результаты, оцененные показателями UPF, получены нами на текстиле из природных волокон

(хлопок, лён, шелк), окрашенных различными видами природных красителей растительного происхождения.

На способность текстиля защищать кожу человека от вредного действия УФ-лучей влияют следующие факторы: химическое строение волокон; физическая структура волокон; плотность, переплетение текстиля; влажность текстиля; химическое строение красителей, их способность поглощать УФ-лучи (абсорбционный спектр).

Поскольку проблема защиты от УФ-лучей возникает в странах с жарким климатом круглый год или в летнее время в других странах, то в этих случаях используется легкая одежда из природных волокон, то основные исследования проводятся именно на такого рода текстиле [3].

В таблицах 1 и 2 показаны результаты испытания защитного действия текстиля, окрашенного природными красителями.

Таблица 1 – Спецификация образцов ткани

Спецификация тканей		
Образцы	Вес (г/м <sup>2</sup> )	Плотность, EPI · PPI
Простое переплетение	120	164*86
Саржа	123	170*80
Трикотаж 1	235	42*56
Трикотаж 2	250	36*50

Таблица 2 – Результаты испытаний эффективности защиты от УФ-лучей с помощью текстиля, окрашенного природными красителями (по стандартам AATCC 183:2010)

UPF показатели для различных красителей в структуре растений						
ОБРАЗЦЫ	UPF ОЦЕНКА		UV-A BLOCKING (%)		UV-B BLOCKING (%)	
	До	После				
Indigo	61	2000	99.95		99.95	
Madder	61	1991	99.95		99.95	
Acacia Catechu	61	1595	99.77		99.91	
Heena	61	961	99.75		99.93	
UPFпоказатели для Acacia Catechu в тканях различной структуры						
ОБРАЗЦЫ	UPF ОЦЕНКА		UV-A BLOCKING (%)		UV-B BLOCKING (%)	
	До	После	До	После	До	После
Простое переплетение	61	1595	99.09	99.91	98.63	99.94
Саржа	51	981	98.77	99.82	98.32	99.91
Трикотаж 1	642	1990	99.52	99.95	99.93	99.95
Трикотаж 2	148	1938	99.53	99.53	99.46	99.95

### **Выводы**

Использование большого количества природных красителей для защиты от УФ-лучей показывают, что большинство из них эффективно защищают кожу человека, и эта эффективность в значительной степени зависит от способно-

сти природных красителей поглощать УФ часть солнечного спектра. Эта зависимость позволяет отбирать природные красители для эффективной защиты по спектральным кривым поглощения в UVIS диапазоне.

### **Библиографический список**

1. Кричевский Г.Е. Нано-, био-, химические технологии и производство нового поколения волокон, текстиля и одежды. – М.: Известия, 2011. – 528 с.
2. Кричевский Г. Е. Все или почти все о текстиле. – М.: РЗИТЛП, 2009. – 277 с.
3. Ibrahim, G.E. (2011). Achieving Optimum Scientific Standards for Designing and Producing Fabrics Suitable for Ultraviolet Protective Clothing. Journal of American Science, 7:9, 97-109.

### **References**

1. Krichevskij G.E. Nano-, bio-, ximicheskie tehnologii i proizvodstvo novogo pokoleniya volokon, tekstilya i odezhdy`. - M.: Izvestiya, 2011. – 528 s.
2. Krichevskij G. E. Vse ili pochtii vse o tekstile. - M.: RZITLP, 2009. – 277 s.
3. Ibrahim, G.E. (2011). Achieving Optimum Scientific Standards for Designing and Producing Fabrics Suitable for Ultraviolet Protective Clothing. Journal of American Science, 7:9, 97-109.

*Статья поступила 1.03.2020 г.*

© Ф.Ш. Азимова, Р.М. Гаджимурадова, Н.А. Шагина, 2020

---

### **Сведения об авторах List of Authors**

---

*Азимова Ф.Ш.* – кандидат технических наук, доцент кафедры пищевых производств, организации питания и товароведения Дагестанского государственного технического университета.

*Azimova F.Sh.* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Production, Organization of Nutrition and Commodity Science, Daghestan State Technical University.

*Гаджимурадова Р.М.* – кандидат химических наук, доцент кафедры химии Дагестанского государственного технического университета.

*Gadzhimuradova R.M.* – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of Chemistry, Daghestan State Technical University.

*Шагина Н.А.* – кандидат технических наук, научный сотрудник Дагестанского государственного технического университета.

*Shagina N.A.* – Candidate of Technical Sciences, Researcher, Daghestan State Technical University.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕМБРАНО-АКТИВНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ В БИОТЕХНОЛОГИИ

Э.Ш. Исмаилов, Ю.М Султанов, Г.М. Минхаджев, З.Н. Абдулмагомедова,  
М.М. Дибирова

Дагестанский государственный технический университет  
Махачкала  
yusultanov@mail.ru

**Аннотация.** Исследовано благоприятное действие мембрано-активных излучений на культурные растения пшеницы. Показано, что использование микроволн, тесно связанных с мазерным излучением природных источников небесной сферы, позволяет создать новые биотехнологии для производства активных дрожжевых штаммов, способных осуществлять процесс брожения для получения высококачественных продуктов.

**Abstract.** The beneficial effect of membrane-active radiation on plants of wheat crop has been investigated. The use of microwaves closely associated with the maser radiation of natural sources of the celestial sphere makes it possible to create new biotechnology for the production of active yeast strains capable of carrying out the fermentation process for the obtaining of high-quality products have been shown.

**Ключевые слова:** электромагнитное излучение, мазерное излучение, пшеница, штаммы дрожжей, биотехнология.

**Keywords:** electromagnetic radiation, maser radiation, wheat, yeast strains, biotechnology.

### Введение

Электромагнитные поля и излучения играют очень важную роль в природе, технике и жизни человека [2]. Во второй половине XX и начале XXI веков целенаправленными исследованиями отечественных и зарубежных учёных было убедительно доказано [1, 9], что электромагнитные поля и излучения радиочастотного и оптического диапазонов обладают выраженной мембранной активностью. Было установлено,

что в микроволновом диапазоне радиочастот излучения (МИ), генерируемые техническими (искусственными) источниками, вызывают избирательное (селективное) взаимодействие внешнего электромагнитного поля (ЭМП) с биологическими мембранами [1, 2]. Существенной мембранной активностью обладает и лазерное излучение (ЛИ) на определённых длинах волн оптического диапазона.

Оказалось, что выраженность и

направленность наблюдаемых эффектов действия используемых электромагнитных излучений (ЭМИ) определяются интенсивностью, длительностью, диапазоном волн, модуляционно-временными параметрами и другими характеристиками действующего поля. Кроме того, они определяются структурой, электрическими и другими физико-химическими свойствами самих мембран, обладающих слоистостью и повышенной концентрацией электрических зарядов на внешней и внутренней поверхности. При определённых параметрах микроволновое излучение технических источников оказывает благоприятное, нормализующее и даже стимулирующее биологическое действие, которое можно с успехом использовать в биотехнологии и других отраслях пищевой и лёгкой индустрии и сельского хозяйства.

Было выявлено, что первичные и последующие эффекты избирательного взаимодействия микроволн с биомембранами в живых системах реализуются с активным участием биохимических соединений: белков, липидов, нуклеиновых кислот, ферментов, витаминов, а также молекул воды, минеральных веществ и других молекулярных компонентов и осцилляторов. Проявлению благоприятных эффектов действия ЭМП и ЭМИ технических источников во многом способствует синхронизация колебательных процессов и осцилляторов живых систем в микроволновом поле [3, 4, 8].

Начиная с 70-х годов XX столетия при исследовании действия микроволнового излучения на рост и развитие растений было выявлено, что весьма чувствительны к магнитным полям и

микроволновому воздействию молодые, растущие клетки и ткани растений [5, 6, 7]. При облучении растений ЭМП и ЭМИ происходит увеличение энергии прорастания и повышение всхожести замоченных в воде семян, стимуляция развития корневой системы растений и увеличение биомассы, повышение их устойчивости и жизнеспособности. Действие магнитного поля на набухание семян проявляется по-разному в зависимости от стадий облучения [8]. Причем, продуктивность остаётся одинаковой по сравнению с необлучёнными растениями, а при определённых условиях эксперимента даже повышается.

### ***Материалы и методика***

Для исследования были взяты семена пшеницы, кукурузы и посевные луковицы лука. Замоченные семена кукурузы и луковицы лука облучали микроволнами в диапазоне от 16 до 21 см интенсивностью  $\approx 0,5$  мВт/см<sup>2</sup> и длительностью 30 минут. А замоченные семена пшеницы подвергали излучению в микроволновом диапазоне радиочастот интенсивностью  $\approx 50$  мВт/г при длительности 10 минут. Определяли их энергию прорастания и всхожесть семян, а также рост, развитие и продуктивность растений.

Исследование влияния микроволн на дрожжевые микроорганизмы проводили путем облучения суспензии дрожжей в коаксиальной ячейке МИ интенсивностью 45 мВт/см<sup>2</sup> при длительности 5 минут на частоте 1667 МГц. Эффект действия определяли путем измерения количества образующегося углекислого газа CO<sub>2</sub> в процессе брожения. Объем углекислого газа определяли на специальной установке.

### **Результаты исследования и обсуждение**

В области сельскохозяйственной биотехнологии был проведён большой объём экспериментальных исследований по влиянию микроволн дециметрового диапазона от 16 до 21 см на рост, развитие и продуктивность растений кукурузы и лука [6]. Было выявлено, что сравнительно низкоинтенсивное непрерывное микроволновое излучение при плотности потока мощности  $\approx 0,5$  мВт/см<sup>2</sup> оказывает весьма существенное стимулирующее действие на рост, развитие и урожайность культурных растений кукурузы и лука, если облучаются замоченные семена кукурузы и посевные луковицы лука. А при взаимодействии с растениями микроволнового излучения 18 см диапазона на частотах 1665 МГц и 1667 МГц, близких по своим характеристикам линиям природного мазерного излучения небесной сферы, достоверно на уровне 99% доверительного интервала происходит более сильная их стимуляция. В опытах с луком проявляется также весьма выраженная синхронизация роста и развития культуры.

Как продолжение, в настоящей работе нами проведены исследования благоприятного действия мембрано-активных излучений на культурные растения пшеницы при облучении их зерновок на определённой стадии замачивания. В результате экспериментальной работы выявлено, что микроволны 18 см диапазона частотой 1667 МГц при довольно высокой интенсивности, составляющей  $\approx 50$  мВт/г, и длительности 10 минут оказывают стимулирующее действие и на растения пшеницы. Про-

исходит значительное увеличение энергии прорастания и всхожести семян. Выраженность эффекта зависит от степени насыщения зерновок влагой: стимуляция наиболее выражена при облучении семян через 3 часа после начала их замачивания, когда влажность семян достигает примерно 50%. Через 3 суток после микроволновой обработки всхожесть зерновок пшеницы достигает 98%, а в некоторых вариантах – даже 99%. У необлучённых же семян к этому времени она составляет 94%, но затем ещё через сутки приближается к всхожести облучённых семян.

Схожая картина благоприятного действия наблюдается и при облучении замоченных зерновок пшеницы красным ЛИ гелий – неоновым лазером на волне 633 нм. Необходимо отметить, что в большой серии работ, проведённых в СССР и России было достоверно показано также существенное благоприятное, лечебное действие ЛИ на линии 633 нм при дозе  $\approx 1$  Дж/см<sup>2</sup> [9]. Предложенный биофизический механизм действия лазерного излучения состоит в том, что на определённых линиях оптического диапазона в качестве фотоакцептора выступает молекулярный кислород, растворённый в живых клетках и тканях. Под действием ЛИ происходит переход триплетного кислорода <sup>3</sup>O<sub>2</sub> в высокоэнергизованное синглетное состояние <sup>1</sup>O<sub>2</sub>, обладающее весьма высокой реакционной способностью. В таком состоянии кислород подходит к биомембранам и релаксирует в исходное триплетное состояние с освобождением большого количества энергии, которая, в свою очередь, оказывает направленное воздействие на примембранные молекулярные слои и структу-

рированную воду. При сравнительно низкоинтенсивном воздействии ЛИ количество образующегося синглетного кислорода небольшое; поэтому он оказывает стимулирующее, нормализующее действие. А при использовании ЛИ большой интенсивности количество высокоэнергизованного кислорода довольно велико и он способен оказывать повреждающее действие, что может быть эффективно использовано в онкологии.

Установлено прямое стимулирующее действие микроволнового излучения 18 см диапазона на чистоте 1667 МГц на дрожжевые микроорганизмы, используемые в хлебопечении и спиртовом производстве. Показано что, с помощью микроволн близкородствен-

ных мазерному излучению природных источников небесной сферы, можно создать новую биотехнологию получения активных штаммов дрожжей, способных проводить процесс брожения с получением высококачественных продуктов.

В таблице представлены экспериментальные данные по микроволновой активации процесса брожения, осуществляемого дрожжевыми микроорганизмами *Saccharomyces cerevisiae*. В качестве показателя активности дрожжей служит образование  $\text{CO}_2$ , который является одним из основных продуктов ферментативного биохимического процесса и играет большую роль в хлебопекарном производстве [14].

Таблица – Количество  $\text{CO}_2$ , образованного в процессе брожения при микроволновом облучении и отсутствии такого воздействия

Объем $\text{CO}_2$ , мл	Варианты	Длительность процесса брожения, часы			
		1	2	3	4
	в отсутствии микроволнового облучения	2	4	10	16
	при микроволновом облучении	11	15	26	31

Как видно из таблицы, микроволновое излучение приводит к ускорению процесса брожения, особенно в начальный период. Так, если через 1 час после начала брожения выделяется 2 мл  $\text{CO}_2$  в отсутствии микроволнового облучения, то в случае микроволнового облучения количество выделившегося  $\text{CO}_2$  больше в 5,5 раз и составляет 11 мл. Дальнейшее протекание процесса приводит к снижению скорости в случае

облученных образцов по сравнению с необлученными и количество выделившегося  $\text{CO}_2$  больше только около двух раз. Таким образом, микроволновое облучение позволяет сократить длительность брожения в два раза. Исследования показали, что ухудшения качества продуктов не происходит.

Многолетние углубленные экспериментальные исследования показали эффективность использования мем-

брано-активных излучений как в области сельскохозяйственной, так и пищевой биотехнологии [8, 9].

Здесь следует специально отметить, что эффективно, результативно применению мембрано-активных излучений МИ и ЛИ во многом способствует изучение, познание молекулярных механизмов и биофизических путей взаимодействия этих излучений с веществом, живыми системами [9]. Причем как явствует из результатов соответствующих исследований, вода играет в таком взаимодействии весьма серьезную роль [10, 11, 13], чему способ-

ствует исследование новых подвижных в области всей биотехнологии [9, 12, 14].

### **Заключение**

В целом, применение мембрано-активных излучений в биотехнологии, медицине и других отраслях имеет достаточно серьезную перспективу. Для практической реализации этой перспективы необходимы дальнейшие целенаправленные исследования влияния и механизмов воздействия микроволн и лазерного излучения на различные биологические объекты с целью получения высококачественных продуктов.

### **Библиографический список**

1. Исмаилов Э.Ш. Инфракрасные спектры теней эритроцитов в области полос амид I и амид II при микроволновом облучении // Биофизика. 1976. Т. 21. Вып. 5. С. 940-942.
2. Исмаилов Э.Ш., Захаров С.Д. Электромагнитные поля и излучения в природе, технике и жизни человека. – Махачкала: Дагучпедгиз, 1993. - 159 с.
3. Исмаилов Э.Ш., Хачиров Д.Г., Исмаилова Г.Э., Кудряшов Ю.Б. Механизмы биологического действия микроволн // Радиационная биология. Радиозоология. 1998. Т. 38. Вып.6. С. 920-923.
4. Исмаилова Г.Э., Исмаилов Э.Ш. Биофизическое действие микроволн // Электромагнитные поля. Биологическое действие и гигиеническое нормирование: матер. международного совещания. Geneva. 1999. С. 347-354.
5. Аксёнов С.И., Булычев А.А., Грунина Т.Ю., Туровецкий В.Б. Влияние низкочастотного магнитного поля на активность эстераз и изменение pH у зародыша в ходе набухания семян пшеницы // Биофизика. 2000. Т. 45. Вып. 4. С. 737-745.
6. Исмаилова Г.Э. Действие УВЧ-излучения на рост и развитие культурных растений: дис. ... канд. биол. наук. – М., МГУ им. М.В. Ломоносова, 1996. - 160 с.
7. Исмаилова Г.Э., Бурлакова Е.Б., Кудряшов Ю.Б., Исмаилов Э.Ш. Биофизическое действие низкоинтенсивных микроволн // Механизмы действия сверхмалых доз: матер. III международного симп. - М., 2002. С.181.
8. Аксёнов С.И., Грунина Т.Ю., Горичев С.Н. Особенности влияния низкочастотного магнитного поля на набухание семян пшеницы на различных стадиях // Биофизика. 2001. Т.46. Вып.6. С.1127-1132.
9. Исмаилов Э.Ш., Захаров С.Д., Исмаилова Г.Э. Действие физических полей. Неионизирующие излучения. - М.: Экономика, 2007. - 184 с.
10. Исмаилов Э.Ш., Рабаданов Г.А., Гаджимурадова Р.М. Роль воды в биофизическом действии микроволн // Механизмы участия воды в биоэлектромагнитных эффектах: сб. научных трудов. - М., 2013. С. 70-79.

11. Захаров С.Д., Мосягина И.В. Гетерогенная структура воды: эволюция представлений (обзор) // Механизмы участия воды в биоэлектромагнитных эффектах: сб. научных трудов. - М., 2013. С. 8-21.
12. Исмаилов Э.Ш. Новые разработки в биотехнологии // Новые технологии газовой, нефтяной промышленности, энергетики и связи: сб. научных трудов. – М., 2010. Т.19. С. 387-391.
13. Першин С.М., Исмаилов Э.Ш., Дибирова М.М., Ахмедов М.Э., Тагирова Ф.В., Шашков Д.И., Абдулмагомедова З.Н. Оценка числа мономеров H<sub>2</sub>O, обеспечивающих транспорт воды через каналы мембраны клетки // Инженерная физика. 2017. № 3. С. 58-63.
14. Исмаилов Э.Ш., Султанов Ю.М., Рабаданов Г.А. Использование электромагнитных излучений в виноградарстве и виноделии // Евразийский союз ученых. Биологические науки. 2016. № 4 (25). С. 134-135.

### **References**

1. Ismailov E.SH. Infrakrasnye spektry tenej eritrocitov v oblasti polos amid I i amid II pri mikrovolnovom obluchenii // Biofizika. 1976. Т. 21. Vyp. 5. S. 940-942.
2. Ismailov E.SH., Zaharov S.D. Elektromagnitnye polya i izlucheniya v prirode, tekhnike i zhizni cheloveka. – Mahachkala: Daguchpedgiz, 1993. - 159 s.
3. Ismailov E.SH., Hachirov D.G., Ismailova G.E., Kudryashov YU.B. Mekhanizmy biologicheskogo dejstviya mikrovoln // Radiacionnaya biologiya. Radioekologiya. 1998. Т. 38. Vyp.6. S. 920-923.
4. Ismailova G.E., Ismailov E.SH. Biofizicheskoe dejstvie mikrovoln // Elektro-magnitnye polya. Biologicheskoe dejstvie i gigienicheskoe normirovanie: mater. mezhdunarodnogo soveshchaniya. Geneva. 1999. S. 347-354.
5. Aksyonov S.I., Bulychev A.A., Grunina T.YU., Turoveckij V.B. Vliyanie nizkochastotnogo magnitnogo polya na aktivnost' esteraz i izmenenie rN u zarodysha v hode nabuhaniya semyan pshenicy // Biofizika. 2000. Т. 45. Vyp. 4. S. 737-745.
6. Ismailova G.E. Dejstvie UVCH-izlucheniya na rost i razvitie kul'turnyh raste-nij: dis. ... kand. biol. nauk. – М., MGU im. M.V. Lomonosova, 1996. - 160 s.
7. Ismailova G.E., Burlakova E.B., Kudryashov YU.B., Ismailov E.SH. Biofizicheskoe dejstvie nizkointensivnyh mikrovoln // Mekhanizmy dejstviya sverhmalyh doz: mater. III mezhdunarodnogo simp. - М., 2002. S.181.
8. Aksenov S.I., Grunina T.YU., Gorichev S.N. Osobennosti vliyaniya nizkochastotnogo magnitnogo polya na nabuhanie semyan pshenicy na razlichnyh stadiyah // Biofizika. 2001. Т.46. Vyp.6. S.1127-1132.
9. Ismailov E.SH., Zaharov S.D., Ismailova G.E. Dejstvie fizicheskikh polej. Neioniziruyushchie izlucheniya. - М.: Экономика, 2007. - 184 s.
10. Ismailov E.SH., Rabadanov G.A., Gadzhimuradova R.M. Rol' vody v biofizicheskom dejstvii mikrovoln // Mekhanizmy uchastiya vody v bioelektromagnitnyh effektah: sb. nauchnyh trudov. - М., 2013. S. 70-79.
11. Zaharov S.D., Mosyagina I.V. Geterogennaya struktura vody: evolyuciya predstavlenij (obzor) // Mekhanizmy uchastiya vody v bioelektromagnitnyh effektah: sb. nauchnyh trudov. - М., 2013. S. 8-21.

12. Ismailov E.SH. Novye razrabotki v biotekhnologii // Novye tekhnologii gazovoj, neftjanoj promyshlennosti, energetiki i svyazi: sb. nauchnyh trudov. – M., 2010. T.19. S. 387-391.

13. Pershin S.M., Ismailov E.SH., Dibirova M.M., Ahmedov M.E., Tagirova F.V., SHashkov D.I., Abdulmagomedova Z.N. Ocenka chisla monomerov N<sub>2</sub>O, obespechivayushchih transport vody cherez kanaly membrany kletki // Inzhenernaya fizika. 2017. № 3. S. 58-63.

14. Ismailov E.SH., Sultanov YU.M., Rabadanov G.A. Ispol'zovanie elektromagnit-nyh izluchenij v vinogradarstve i vinodelii // Evrazijskij soyuz uchenyh. Biologicheskie nauki. 2016. № 4 (25). S. 134-135.

*Статья поступила 12.01.2020 г.*

© Э.Ш. Исмаилов, Ю.М Султанов, Г.М. Минхаджев, З.Н. Абдулмагомедова,  
М.М. Дибирова, 2020

---

**Сведения об авторах**  
**List of Authors**

---

*Исмаилов Э.Ш.* – доктор биологических наук, профессор кафедры химии Дагестанского государственного технического университета.

*Ismailov E.Sh.* – Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Chemistry, Daghestan State Technical University.

*Султанов Ю.М.* – доктор химических наук, доцент кафедры химии Дагестанского государственного технического университета.

*Sultanov Yu.M.* – Doctor of Chemistry, Associate Professor of the Department of Chemistry, Daghestan State High-Tech Technical University.

*Минхаджев Г.М.* – кандидат химических наук, старший преподаватель кафедры химии Дагестанского государственного технического университета.

*Minhadzhev G.M.* - Candidate of Chemical Sciences, Senior Lecturer, Department of Chemistry, Daghestan State Technical University.

*Абдулмагомедова З.Н.* – ассистент кафедры химии Дагестанского государственного технического университета.

*Abdulmagomedova Z.N.* – Assistant, Department of Chemistry, Daghestan State Technical University.

*Дибирова М.М.* – ассистент кафедры химии Дагестанского государственного технического университета.

*Dibirova M.M.* – Assistant, Department of Chemistry, Daghestan State Technical University.

## ОБ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ ТРАНСМИССИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ТЯГОВЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

А.В. Климов, И.В. Ухов, Ф.А. Рябцев, М.Ю. Карелина

Московский автомобильно-дорожный государственный технический  
университет  
Москва  
karelina@madi.ru

**Аннотация.** В настоящее время к современным транспортным средствам предъявляются повышенные требования по энергоэффективности и экологичности. Для коммерческого пассажирского транспорта это особенно важно, поскольку напрямую связано с получением прибыли от операционной деятельности. Поэтому сейчас во всем мире получают широкое распространение машины, имеющие тяговый электрический привод ведущих колес. В большинстве своем в приводе также используются трансмиссии, что позволяет оптимизировать технические характеристики электрических двигателей. При проектировании новых перспективных образцов транспорта является немаловажным определять нагрузочные режимы, учитывающие условия эксплуатации для определения оптимальных параметров трансмиссии и привода в целом. В настоящей статье рассматриваются циклы движения в реальных условиях эксплуатации пассажирского транспорта. На основании экспериментальных данных определены режимы работы трансмиссии и получены эквивалентные нагрузочные характеристики, позволяющие проводить проекторочные расчеты по определению основных параметров зубчатых колес трансмиссии.

**Abstract.** At present, modern vehicles have increased requirements for energy efficiency and environmental friendliness. For commercial passenger transport, this is especially important, since they are directly related to profit from operating activities. Therefore, now all over the world, machines having traction electric drive of driving wheels are widely used. For the most part, the drive also uses transmissions, which allows to optimize the technical characteristics of electric motors. When designing new promising models of transport, it is important to determine load conditions that take into account operating conditions to determine the optimal parameters of the transmission and drive as a whole. This article discusses driving cycles in the real conditions of operation of passenger transport. Based on the experimental data, the transmission operation modes are determined and equivalent load characteristics

are obtained, which allow design calculations to determine the main parameters of transmission gears.

**Ключевые слова:** *электромобиль, электробус, трансмиссия, эквивалентный режим нагружения.*

**Keywords:** *electric car, electric bus, transmission, equivalent loading mode.*

### **Введение**

В настоящее время к современным транспортным средствам предъявляются повышенные требования по энергоэффективности и экологичности. Этот факт обусловлен с одной стороны повышением законодательных нормативных требований к снижению вредного воздействия на окружающую среду, а другой стороны постоянным желанием эксплуатирующих субъектов снизить совокупную стоимость владения подвижным составом. Для коммерческих пассажирских транспортных средств это особенно важно, поскольку напрямую связано с получением прибыли от операционной деятельности. Поэтому разработчики транспортных средств все больше внедряют в конструкцию системы с повышенным КПД, что позволяет снизить прямые затраты на осуществление транспортного процесса [1]. Также со стороны международных, государственных и муниципальных органов выдвигаются экологические требования к вновь приобретаемым транспортным средствам с целью улучшить экологическую обстановку. Так декларируется полный отказ от приобретения транспорта, оснащенного двигателями внутреннего сгорания, в различных западноевропейских странах начиная с 2030 – 2050 г [2]. Уже сейчас в мире имеется большой парк транспортных средств с повышенной энергоэффективностью и

низким воздействием на окружающую среду. Особняком в этом ряду стоят транспортные средства с тяговым электрическим приводом, такие как электромобили и электробусы. В большинстве случаев для привода ведущих колес имеется потребность в механических трансмиссиях, что обусловлено как особенностями компоновки ввиду применения одного центрального электрического двигателя, так и необходимостью понижения высокой частоты вращения до требуемых значений. Поэтому при проектировании новых транспортных средств с тяговым электроприводом весьма важно исследовать особенности режимов нагружения механических трансмиссий.

### **Экспериментальное исследование режимов нагружения**

В настоящее время имеется ряд испытательных циклов движения [3] используемых для исследования показателей расхода энергии или топлива транспортными средствами. Однако нельзя в полной мере сказать об адекватности описания условий движения. Движение коммерческого пассажирского транспорта осуществляется большей частью в городской черте и характеризуется невысокими средними скоростями движения (16 – 20 км/ч), сопровождаемыми частыми разгонами при движении от остановочных пунктов, пере-

крестков и торможениями при подъезде к ним (в среднем через 500 – 750 м). Режимы нагружения трансмиссий исследовались для троллейбусов и электробусов по маршрутам в г. Москва. Производилась запись скорости и вре-

мени движения. В последующем проводилась статистическая обработка экспериментальных данных (Таблица 1). На рисунке 1 приведены графики скорости движения по маршрутам.

Таблица 1- Параметры движения по маршрутам

Маршрут	7	17	34к	119	908	Б2	T2
Средняя эксплуатационная скорость, км/ч	15,94	13,36	11,59	11,04	12,4	21,24	14,87
Максимальная скорость, км/ч	54,00	56,10	47,40	45,30	63,5	68	66,9
Протяженность, км	32,12	21,98	21,64	27,80	13,57	17,75	26,67

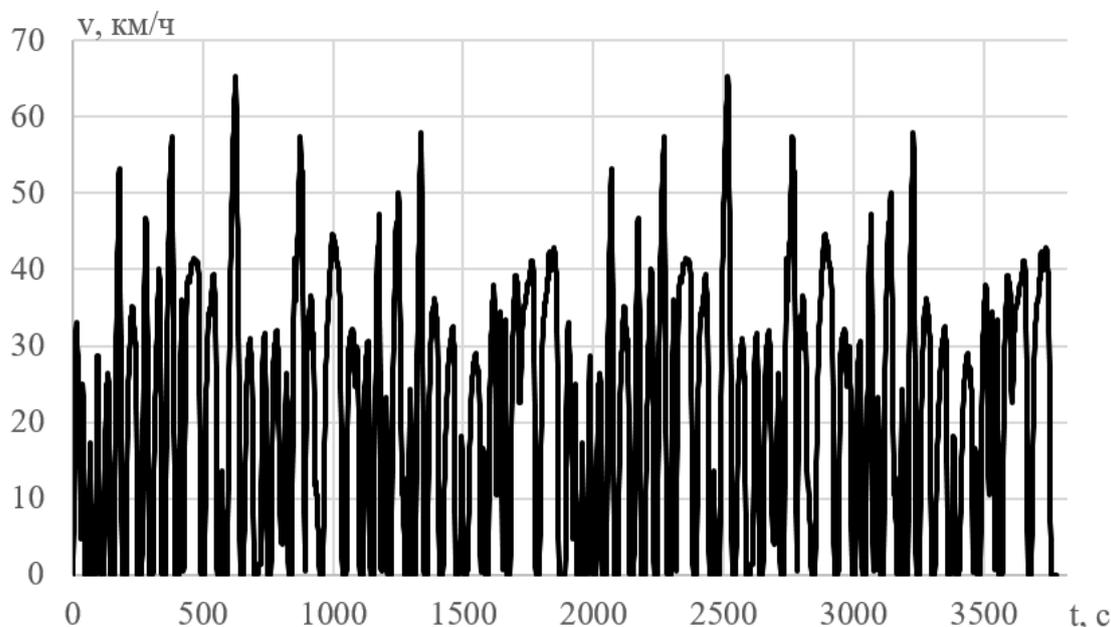


Рисунок 1 – Пример цикла движения по маршруту

Далее по методике [4-9] проведен расчет кинематических параметров на ведущем и ведомом валах трансмиссии для каждого маршрута для исследуемого транспортного средства, характеристики которого приведены в таблице 2. Максимальная мощность и максимальный крутящий момент электрического двигателя определены исходя из необходимости обеспечения тягово-динамических свойств транспортного

средства, таких как преодоление максимального подъема и обеспечение движения с максимальной скоростью. Передаточное число трансмиссии определено исходя из обеспечения требуемой максимальной кинематической скорости, т.е. частоты вращения ведущего колеса. Крутящий момент на входном валу трансмиссии определяется по формуле (1):

$$T = \frac{(F_k \pm F_v \pm F_a)r_k}{u\eta}, \quad (1)$$

где  $F_k$  – сила сопротивления качению колеса;  $F_v$  – сила сопротивления возду-

ха;  $F_a$  – сила инерции;  $r_k$  – радиус качения колеса;  $u$  – передаточное число трансмиссии;  $\eta$  – КПД трансмиссии.

Таблица 2 – Основные технические характеристики транспортного средства

Параметр	Значение
Полная масса, кг	3200
Снаряженная масса, кг	2300
Габаритные размеры: длина x ширина x высота, м	6,00 x 2,05 x 2,50
Размерность шин	215/65R16
Коэффициент сопротивления качению шин	0,012
Электрический двигатель:	
максимальная мощность, кВт;	96
максимальный крутящий момент, Нм;	220
максимальная частота вращения, об/мин	12000
Передаточное число трансмиссии	9,59

Все кинематические параметры определялись для степени загруженности транспортного средства на 50%. Такой подход позволяет получать адекватные значения, поскольку загрузка динамически изменяется в широких пределах. Весьма редко она достигает

100%. В эксплуатации наиболее часто встречающийся режим движения с загрузкой 25 – 50 %, при максимальной загруженности около 75%. На рисунке 2 приведено распределение значений крутящих моментов на входном валу трансмиссии для одного из вариантов маршрутов (рисунок 1).

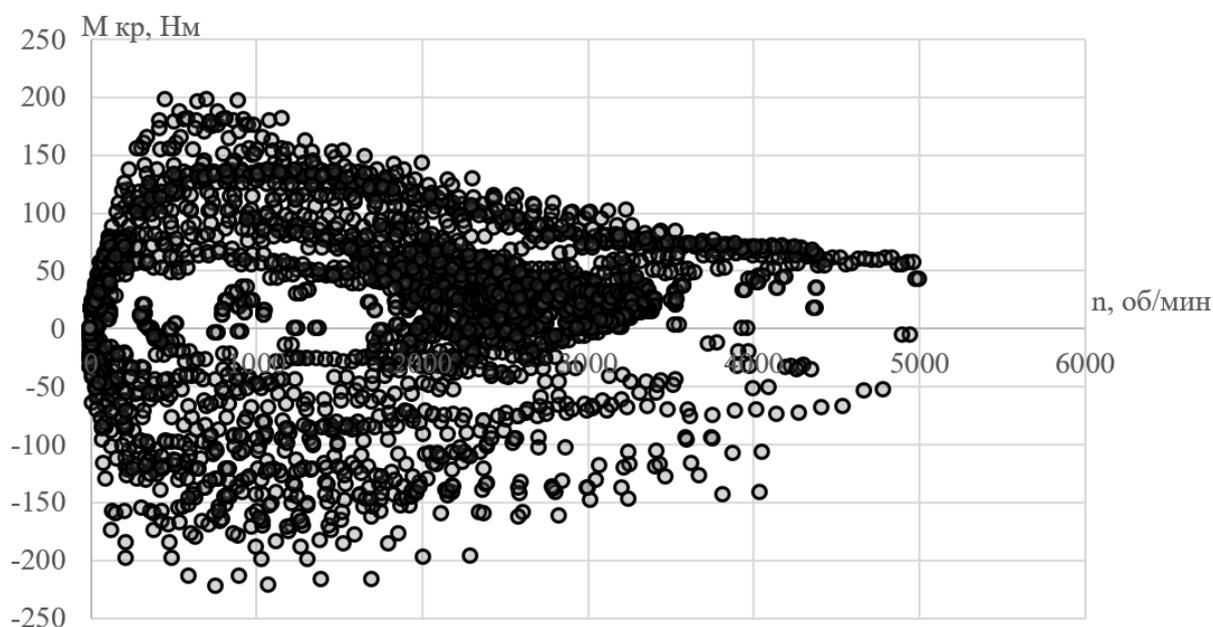


Рисунок 2 – Распределение значений крутящего момента

### Эквивалентные режимы нагружения узлов

В большинстве случаев трансмиссия транспортных средств с тяговым электрическим приводом выполняется в виде совокупности механических зубчатых передач с одной фиксированной передачей без переключения. Следовательно, они выполняются в виде сочетания механических редукторов или в виде одного редуктора.

Однако в реальных условиях движение осуществляется в нестационарных динамически изменяющихся условиях, зависящих от множества факторов, таких как дорожная обстановка, погодные условия, степень загруженности, манера вождения водителя и др. При этом эксплуатационный цикл нагружения любого узла носит случайный нестационарный характер. Поэтому при проектировании перспективных электробусов и электромобилей важно иметь возможность получать эквивалентный режим нагружения [10, 11].

Для этого целесообразно применять обработку экспериментальных и расчетных данных, используя методику, изложенную в [12]. Наиболее целесообразно применять метод эквивалентных

моментов. При этом эквивалентные крутящие моменты при расчете зубчатых колес на контактную и изгибную выносливость определяется по следующим формулам:

$$T_{HE} = T_{max} \sqrt[10]{\sum_0^{N_{Hlim}} \left(\frac{T_i}{T_{max}}\right)^3 \frac{N_i}{N_k} \sum_{N_{Hlim}}^{N_k} \left(\frac{T_i}{T_{max}}\right)^{10} \frac{N_i}{N_k}}$$

$$T_{FE} = T_{max} \sqrt[q]{\sum_0^{N_k} \left(\frac{T_i}{T_{max}}\right)^q \frac{N_i}{N_k}}$$

где  $N_k$  – число циклов напряжений в соответствии с заданным сроком службы;  $N_i$  – число циклов напряжений в  $i$ -й момент времени рассматриваемого периода;  $N_{Hlim}$  – число циклов напряжений, соответствующее перегибу кривой усталости при расчете на контактную выносливость;  $T_{max}$  – максимальный крутящий момент на рассматриваемом периоде;  $T_i$  – крутящий момент в  $i$ -й момент времени рассматриваемого периода;  $q$  – показатель степени кривой усталости.

В таблице 3 приведены результаты определения эквивалентного момента для каждого исследуемого маршрута.

Таблица 3 – Эквивалентный крутящий момент

Маршрут	17	34к	119	832	908	7	Б2	Т2
$T_{HE}$ , Нм	94,2	78,8	79,9	82,8	79,1	85,4	68,1	89,3
$T_{FE}$ , Нм	104,4	102,9	94,6	107,9	94,17	91,5	98,5	110,4
$N_k$ , млн. циклов	7153,5	6466,1	4450,3	5700,5	4733,9	10221,7	5647,9	8484,1
$T_{HE}/T_{max}$	0,43	0,36	0,36	0,38	0,36	0,39	0,31	0,41
$T_{FE}/T_{max}$	0,47	0,46	0,43	0,49	0,43	0,42	0,44	0,50

### Заключение

Из полученных значений эквивалентных режимов нагружения следует,

что эквивалентный крутящий момент для расчета контактной и изгибной выносливости не превышает 44 – 45 % от

максимального крутящего момента, развиваемого приводным электрическим двигателем. Ввиду этого при выполнении проектировочных и проверочных расчетов зубчатых колес трансмиссий коммерческих пассажирских транспортных средства для обеспечения усталостной прочности использовать эквивалентный крутящий момент, соответствующий 45 – 50 % от максимального развиваемого электрическим двигателем. Из анализа рабочих точек (рисунок 1) следует, что наиболее часто встречаются режимы, соответствующие частоте вращения в диапазоне 2000 – 3000 об/мин или движению со скоростью 25 - 40 км/ч. Поскольку до 25 км/ч

транспортные средства быстро разгоняются, а на скоростях более 4 км/ч двигаются редко из-за скоростных ограничений и сложившейся дорожной обстановки. Следовательно, эквивалентная частота вращения должна соответствовать скорости в выбранном диапазоне, предпочтительно максимальной. Однако данные расчеты необходимо сопровождать проверочными расчетами статической прочности зубчатых колес при перегрузках, которые могут возникать при движении транспортного средства тяжелых дорожных условий, таких как преодоление подъемов, резких ускорений и др.

#### **Библиографический список**

1. Сайкин А.М., Тер-Мкртчян Г.Г., Карпухин К.Е., Переладов А.С., Журавлев А.В., Якунова Е.А. Экологические проблемы современных транспортных средств, в том числе электромобилей // Вестник машиностроения. 2017. № 2. С. 84-87.
2. Liu, Z.; Liu, X.; Hao, H.; Zhao, F.; Amer, A.A.; Babiker, H. Research on the Critical Issues for Power Battery Reusing of New Energy Vehicles in China. *Energies* 2020, 13, 1932.
3. ГОСТ Р ЕН 1986-1-2011 Автомобили с электрической тягой. Измерение энергетических характеристик. Ч. 1. Электромобили. – М.: Стандартинформ, 2012. – 40 с.
4. Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств: учебник для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство». - М.: Машиностроение, 1989. – 240 с.
5. Конструирование и расчет колесных машин высокой проходимости / Под ред. Н.Ф. Бочарова, И.С. Цитовича. – Москва: Машиностроение, 1983. – 299 с.
6. Kalt S. Requirements for Electric Machine Design based on Operating Points from Real Driving Data in Cities. / Kalt, S.; Brenner, L.; Lienkamp, M. // *World Electr. Veh. J.* 2019, 10, 60.
7. Niklas U. Electric Factor — A Comparison of Car Usage Profiles of Electric and Conventional Vehicles by a Probabilistic Approach / Niklas, U., von Behren, S., Chlond, B., Vortisch, P. // *World Electr. Veh. J.* 2020, 11, 36.
8. Климов А.В., Кондрашкин В.В. Применение техники с комбинированными энергоустановками в коммунальном хозяйстве // Труды НАМИ. 2014. № 257. С. 76-82.
9. Масленников И.К., Карпухин К.Е., Климов А.В., Оспанбеков Б.К. Исследование эксплуатационных показателей тягового электрооборудования электробуса в городских условиях движения // Технологии и компоненты наземных интеллектуальных транспортных систем. Москва, 16-18 октября 2019 г. С. 377-384.
10. Галямов П.М. Проблема выбора методики расчета редукторных узлов трансмиссии электромобилей // Автомобиле- и тракторостроение: материалы международной

научно-практической конференции / Отв. ред. Д.В. Капский. - Минск, 24-27 мая 2019 г. - 2019. С. 17-20.

11. Руденко С.П., Поддубко С.Н. Требования к зубчатым колесам трансмиссий электромобилей // Механика машин, механизмов и материалов. 2018. № 3 (44). С. 43-48.

12. ГОСТ 21354 – 87. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность. – М.: Изд. стандартов, 1988. – 128 с.

### References

1. Sajkin A.M., Ter-Mkrtych'yan G.G., Karpuhin K.E., Pereladov A.S., ZHuravlev A.V., YAkunova E.A. Ekologicheskie problemy sovremennyh transportnyh sredstv, v tom chisle elektromobilej // Vestnik mashinostroeniya. 2017. № 2. S. 84-87.

2. Liu, Z.; Liu, X.; Hao, H.; Zhao, F.; Amer, A.A.; Babiker, H. Research on the Critical Issues for Power Battery Reusing of New Energy Vehicles in China. Energies 2020, 13, 1932.

3. GOST R EN 1986-1-2011 Avtomobili s elektricheskoy tyagoy. Izmerenie energeticheskikh harakteristik. CH. 1. Elektromobili. – М.: Standartinform, 2012. – 40 с.

4. Litvinov A.S., Farobin YA.E. Avtomobil': Teoriya ekspluatatsionnyh svoystv: uchebnyk dlya vuzov po special'nosti «Avtomobili i avtomobil'noe hozyajstvo». - М.: Mashinostroenie, 1989. – 240 с.

5. Konstruirovaniye i raschet kolesnyh mashin vysokoy prohodimosti / Pod red. N.F. Bocharova, I.S. Citovicha. – Moskva: Mashinostroenie, 1983. – 299 с.

6. Kalt S. Requirements for Electric Machine Design based on Operating Points from Real Driving Data in Cities. / Kalt, S.; Brenner, L.; Lienkamp, M. // World Electr. Veh. J. 2019, 10, 60.

7. Niklas U. Electric Factor — A Comparison of Car Usage Profiles of Electric and Conventional Vehicles by a Probabilistic Approach / Niklas, U., von Behren, S., Chlond, B., Vortisch, P. // World Electr. Veh. J. 2020, 11, 36.

8. Klimov A.V., Kondrashkin V.V. Primeneniye tekhniki s kombinirovannymi energo-ustanovkami v kommunal'nom hozyajstve // Trudy NAMI. 2014. № 257. S. 76-82.

9. Maslennikov I.K., Karpuhin K.E., Klimov A.V., Ospanbekov B.K. Issledovaniye ekspluatatsionnyh pokazatelej tyagovogo elektrooborudovaniya elektrobusa v gorodskikh usloviyakh dvizheniya // Tekhnologii i komponenty nazemnyh intellektual'nyh transportnyh sistem. Moskva, 16-18 oktyabrya 2019 g. S. 377-384.

10. Galyamov P.M. Problema vybora metodiki rascheta reduktornyh uzlov transmisiy elektromobilej // Avtomobile- i traktorostroenie: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii / Отв. ред. Д.В. Капский. - Минск, 24-27 мая 2019 г. - 2019. С. 17-20.

11. Rudenko S.P., Poddubko S.N. Trebovaniya k zubchatym kolesam transmisiy elektromobilej // Mekhanika mashin, mekhanizmov i materialov. 2018. № 3 (44). S. 43-48.

12. GOST 21354 – 87. Peredachi zubchatye cilindricheskie evol'ventnyye vneshnego zacepleniya. Raschet na prochnost'. – М.: Izd. standartov, 1988. – 128 с.

*Статья поступила 18.03.2020 г.*

© А.В. Климов, И.В. Ухов, Ф.А. Рябцев, М.Ю. Карелина, 2020

---

**Сведения об авторах**  
**List of Authors**

---

*Климов А.В.* – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры деталей машин и теории механизмов Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета

*Klimov A.V.* – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of Machine Parts and Theory of Mechanisms, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University

*Ухов И.В.* – студент Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета

*Ukhov I.V.* – Student of the Moscow Automobile and Road Construction State Technical University

*Рябцев Ф.А.* – студент Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета

*Ryabtsev F.A.* – Student of the Moscow Automobile and Road Construction State Technical University

*Карелина М.Ю.* – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой деталей машин и теории механизмов Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета

*Karelina M.Yu.* – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Machine Details and Theory of Mechanisms, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University.

## Правила оформления и представления статей

1. Статья, направляемая в редакцию журнала «Научные исследования: итоги и перспективы», должна быть тщательно отредактирована и представлена в электронном виде в формате текстового редактора «MS Word 2007» (параметры страницы – А4; поля – 2,0 см; ориентация книжная; шрифт Times New Roman, высота 12; межстрочный интервал – 1,0). Текст статьи представляют в редакцию по электронной почте: naukajournal@mail.ru.

2. Статья должна содержать краткий обзор проблемы, из которого следует постановка задачи, обосновывать актуальность темы, отражать теоретические и (или) экспериментальные результаты и содержать выводы, свидетельствующие о новизне полученных результатов. Текст статьи должен быть четко структурирован и иметь подзаголовки: введение, теоретические и (или) экспериментальные исследования, заключение, список литературы.

3. В начале статьи в левом верхнем углу ставится индекс УДК. Далее на первой странице данные идут в такой последовательности: – инициалы и фамилии авторов, – полное название статьи (шрифт жирный, буквы прописные), – краткая (5-7 строк) аннотация (курсив), – ключевые слова (5-7 слов). Далее авторы, название статьи, аннотация и ключевые слова повторяются на английском языке. Затем идет текст самой статьи и библиографический список. Статья завершается сведениями об авторах: ф.и.о. (полностью), ученая степень, ученое звание, место работы (полностью), должность, контактные телефоны. Сведения об авторах также повторяются на английском языке. Количество авторов рекомендуется не более пяти.

4. Объем статьи не должен превышать 10 страниц текста, содержать не более 5 рисунков или фотографий. Иллюстрации (рисунки, графики) должны быть расположены в тексте статьи и выполнены в одном из графических редакторов (формат tif, pcc, jpg, pcd, msp, dib, cdr, cgm, eps, wmf). Допускается также создание и представление графиков при помощи табличных процессоров Excel, Quattro Pro, MS Graph. Каждый рисунок должен иметь номер и подпись. Рисунки и фотографии должны иметь контрастное изображение. Таблицы располагаются непосредственно в тексте статьи. Каждая таблица должна иметь номер и заголовков.

5. Формулы и буквенные обозначения величин должны быть набраны во встроенном редакторе формул. Каждая формула, на которую есть ссылка в статье, должна иметь номер, расположенный у правой границы поля страницы.

6. Размерность всех величин, принятых в статье, должна соответствовать Международной системе единиц измерений (СИ). Не следует употреблять сокращенных слов, кроме общепринятых (т.е., и т.д., и т.п.). Допускается введение предварительно расшифрованных сокращений.

7. Библиографический список должен быть оформлен по ГОСТ 7.0.5-2008 и включать: фамилию и инициалы автора, название статьи, название журнала, том, год, номер или выпуск, страницы, а для книг – фамилии и инициалы авторов, точное название книги, место издания (город), издательство, год издания, количество страниц. Нумерация источников указывается в порядке упоминания в тексте.

8. При необходимости к статье прилагаются заключение о возможности открытого опубликования и экспертное заключение комиссии по экспортному контролю.

9. Все статьи проходят проверку на оригинальность.

10. Статья рецензируется ведущим учёным в данной области, как правило, доктором наук.

11. Электронная версия опубликованной статьи размещается в системе РИНЦ.

12. Редакция оставляет за собой право производить редакционные изменения, не искажающие основное содержание статьи.

13. Статьи, не отвечающие перечисленным требованиям, к рассмотрению не принимаются. Датой поступления статьи считается день получения редакцией окончательного текста. В случае отказа в публикации статьи редакция направляет автору мотивированный отказ.

14. Статьи публикуются бесплатно.

«Научные исследования; итоги и перспективы» – рецензируемый научно-технический журнал, публикующий статьи по следующим научным направлениям и специальностям:

**05.12.00 – Радиотехника и связь.**

05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии. 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций. 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация.

**05.02.00 – Машиностроение и машиноведение**

05.02.02 – Машиноведение системы приводов и детали машин. 05.02.04 – Трение и износ в машинах. 05.02.08 – Технология машиностроения.

**05.27.00 – Электроника.**

05.27.01 – Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах.

**05.22.00 – Транспорт.**

05.22.01 – Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте. 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта.

**25.00.00 – Науки о Земле.**

25.00.17 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

25.00.19 – Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ.

25.00.35 – Геоинформатика.

**05.18.00 – Технология продовольственных продуктов.**

05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов плодоовощной продукции и виноградарства.

05.18.06 – Технология жиров, эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов. 05.18.07 – Биотехнология пищевых продуктов и биологических активных веществ. 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств.

05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания.

**05.23.00 – Строительство.**

05.23.21 – Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности. 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения. 05.23.07 – Гидротехническое строительство. 05.23.16 – Гидравлика и инженерная гидрология.

**05.17.00 – Химическая технология.**

05.17.01 – Технология неорганических веществ. 05.17.04 – Технология органических веществ. 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов.

05.17.07 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

**НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ:  
итоги и перспективы  
2020 № 1 (Том 1)**

**SCIENTIFIC RESEARCHES:  
results and prospects  
2020 № 1 (Vol.1)**

Ответственный за выпуск – Ирзаев Г.Х.  
Компьютерная верстка – Алиева П.А.  
Дизайн обложки – Тагиев М.Х.

Подписано в печать 15.05.2020 г. Дата выхода в свет 25.05.2020 г.  
Формат 60x84/8. Бумага офсетная. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 8,32. Уч.-изд. л. 3,76. Тираж 500. Заказ № 743

Электронная версия журнала  
«Научные исследования: итоги и перспективы»  
размещена на сайте [www.dstu.ru](http://www.dstu.ru)

Учредитель/редакция/издатель  
Дагестанский государственный технический университет  
Адрес: 367026, г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 70.  
Тел. +7 (8722) 62 37 15  
E-mail: [naukajournal@mail.ru](mailto:naukajournal@mail.ru)

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии ИП Тагиева Р.Х.  
г. Махачкала, ул. Батырая, 149. Тел.: 8 928 048 10 45

“ ф о р м а т ”