



**В. И. ВЕРНАДСКИЙ: ИНЖЕНЕРНАЯ НАУКА
И ОБРАЗОВАНИЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ**

**(К 160-летию со Дня рождения земского деятеля,
ученого, академика В. И. Вернадского)**

Материалы Международной научно-практической конференции

1–2 июня 2023 г.

В двух томах

Том 2

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И БЕЗОПАСНОСТИ В ЭНЕРГЕТИКЕ,
ПРОМЫШЛЕННОСТИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ, СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ,
ТРАНСПОРТНОЙ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ СФЕРАХ**

Тамбов

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»

2025

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Правительство Тамбовской области
Комиссия РАН по изучению научного наследия выдающихся ученых
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова»
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
Ассоциация «Объединенный университет имени В. И. Вернадского»
Научно-образовательные консорциумы «Вернадский»
Неправительственный экологический фонд имени В. И. Вернадского
Российская экологическая академия
Тамбовское региональное отделение Союза машиностроителей России
АНО «Региональный центр управления и культуры»
Национальный проект «Малое и среднее предпринимательство
и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы»
Федеральный проект «Чистая страна»
Тамбовское региональное отделение Российского общества «Знание»



В. И. ВЕРНАДСКИЙ: ИНЖЕНЕРНАЯ НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ

*(К 160-летию со Дня рождения земского деятеля,
ученого, академика В. И. Вернадского)*

Материалы Международной научно-практической конференции

1–2 июня 2023 г.

В двух томах

Том 2

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И БЕЗОПАСНОСТИ В ЭНЕРГЕТИКЕ,
ПРОМЫШЛЕННОСТИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ, СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ,
ТРАНСПОРТНОЙ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ СФЕРАХ**

Научное электронное издание

**Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2025**

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, проф. РАН, ректор ФГБОУ ВО «ТГТУ», президент Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского», заместитель председателя Комиссии РАН по изучению научного наследия выдающихся ученых **М. Н. Краснянский** (сопредседатель); проректор ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», канд. экон. наук **И. А. Алешковский** (сопредседатель); академик РАН, д-р техн. наук, проф., председатель Научного совета Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» **А. И. Завражнов**; заместитель генерального директора Неправительственного экологического фонда им. В. И. Вернадского **А. А. Чешев**; д-р пед. наук, проф., первый проректор ФГБОУ ВО «ТГТУ», председатель Учебно-методического совета Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского», член Общественной палаты РФ **Н. В. Молоткова**; д-р техн. наук, проф., проректор по научной работе ФГБОУ ВО «ТГТУ» **Д. Ю. Муромцев**; д-р экон. наук, проф., проректор по международной деятельности ФГБОУ ВО «ТГТУ» **Е. С. Мищенко**; канд. техн. наук, доц., проректор по развитию имущественного комплекса ФГБОУ ВО «ТГТУ» **А. В. Майстренко**; канд. пед. наук, доц., проректор по социальной работе и молодежной политике ФГБОУ ВО «ТГТУ» **Г. А. Соседов**; начальник отдела организации и методического обеспечения работы с талантливой молодежью Управления по работе с талантливой молодежью, председатель Совета Студенческого союза ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» **Е. И. Зимакова**; д-р техн. наук, проф., вице-президент Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского», советник при ректорате ФГБОУ ВО «ТГТУ» **В. Ф. Калинин**; канд. пед. наук, доц., исполнительный директор Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского», заместитель ученого секретаря Комиссии РАН по изучению научного наследия выдающихся ученых, заведующий кафедрой «Природопользование и защита окружающей среды» ФГБОУ ВО «ТГТУ» **А. В. Козачек** (ученый секретарь); заведующий филиалом ТОГБУК «Тамбовский областной краеведческий музей» «Музей-усадьба В. И. Вернадского» **В. М. Кулначев**

В35 В. И. Вернадский: инженерная наука и образование для обеспечения безопасности и устойчивого развития регионов (К 160-летию со Дня рождения земского деятеля, ученого, академика В. И. Вернадского): матер. Междунар. науч.-практ. конф. (1–2 июня 2023 г.). – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2025.

ISBN 978-5-8265-2900-3

Т. 2. Инновационные технологии обеспечения устойчивого развития и безопасности в энергетике, промышленности, строительстве, сельском хозяйстве, транспортной и продовольственной сферах. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium IV ; RAM 512 Mb ; необходимое место на HDD 15,0 Mb ; Windows 7/8/10/11 ; дисковод CD-ROM , мышь. – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-8265-2902-7

Конференция проводится в рамках взаимодействия с ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» по организации Международного научного конгресса «Глобалистика–2023: устойчивое развитие в контексте глобальных процессов» и в рамках работы Научно-образовательных консорциумов «Вернадский».

Проводимая конференция призвана обеспечить обмен научными идеями в свете учения В. И. Вернадского, повышение уровня систематизации научных знаний, разработку практических предложений по реализации концепции ноосферной и экологической безопасности и устойчивого развития, в том числе и через механизмы инженерной науки и образования.

УДК 93(47)
ББК ТЗ(2Р-4Т)Я43

*Все материалы представлены в авторской редакции
и отображают персональное мнение участников конференции.*

*Все права на размножение и распространение в любой форме остаются за разработчиком.
Нелегальное копирование и использование данного продукта запрещено.*

ISBN 978-5-8265-2900-3 (общ.)
ISBN 978-5-8265-2902-7 (т. 2)

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2025
© Ассоциация «Объединенный университет им. В. И. Вернадского», 2025
© Авторы статей, 2025

1. ИННОВАЦИОННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПЕРСПЕКТИВЫ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА, УРБООЭКОЛОГИЯ, «ЗЕЛЕНое» И БЕЗОПАСНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 351.853
ББК Щ118.25

А. В. Воякина, магистр, **Я. А. Даньшова**, магистр,
А. А. Путинцева, доцент, **М. В. Долженкова**, канд. техн. наук,
доцент, доцент кафедры «Архитектура и градостроительство»
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ДЛЯ СОВРЕМЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Аннотация. Тема данной статьи – приспособление объектов культурного наследия для современного использования. В данной статье рассматривается нормативно-правовая база по сохранению объектов культурного наследия. Автором проведен анализ исторического опыта использования объектов культурного наследия, по результатам определены основные способы приспособления под современное использование объектов на примере России. Вместе с тем, проведен анализ практики по сохранению и приспособлению объектов культурного наследия в Тамбовской области с учетом действующих программ охраны объектов историко-культурного наследия.

Ключевые слова: объекты культурного наследия, историческая среда, приспособление ОКН, программы поддержки ОКН, современное использование ОКН.

A. V. Voyakina, Master's Student, **Ya. A. Danshova**, Master's Student,
A. A. Putintseva, Associate Professor, **M. V. Dolzhenkova**, Ph. D. Sc.,
Associate Professor of the Department of Architecture and Urban Planning
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

ADAPTATION OF OBJECTS OF CULTURAL HERITAGE FOR MODERN USE

Abstract. The topic of this article is the adaptation of cultural heritage sites for modern use. This article discusses the legal framework for the preservation of cultural heritage sites. The author analyzed the historical experience of using cultural heritage objects, based on the results the main ways of adapting to the modern use of objects were determined using the example of Russia. At the same time, an analysis was made of the practice of preserving and adapting cultural heritage sites in the Tambov region, taking into account existing programs for the protection of historical and cultural heritage sites.

Keywords: cultural heritage sites, historical environment, adaptation of cultural heritage sites, programs to support cultural heritage sites, modern use of cultural heritage sites.

Одной из основных проблем в градостроительстве в настоящее время является стихийная застройка, которая оказывает негативное воздействие на существующую историческую среду, разрушая ценные структурные элементы застройки города. Вместе с тем, имеет место снос памятников и, несмотря на нормативно правовые акты, осуществляется возведение объектов капитального строительства на территории охранных зон. В связи с чем,

в целях решения выше обозначенной проблемы, важно акцентировать внимание специалистов не только на проведение мероприятий по охране ценных памятников, как отдельных объектов, но и на необходимость охраны исторической застройки во взаимосвязи с окружающей средой. При этом введение культурного наследия в повседневную жизнь города позволит сохранить исторический облик городов для его передачи будущему поколению как элемента народного образования и культуры. Так, одним из способов сохранения исторической застройки и ее отдельных элементов является приспособление объектов культурного наследия под современное использование.

На территории России на сегодняшний день расположено более 146 000 объектов культурного наследия (далее – ОКН), при этом наибольшее число ОКН сконцентрировано в Центральном административном округе.

Важно отметить, что изменение архитектурно-планировочного и функционального решений ОКН в целях адаптации здания под современное использование имеет ряд отличий от консервации, ремонта и реставрации:

- приспособление или адаптация ОКН состоит из работ по реставрации отдельных элементов ОКН, которые имеют особую историко-культурную ценность;
- консервация является комплексом противоаварийных работ, направленных на защиту ОКН, а именно зданий, подверженных риску быстрого разрушения из-за сильного физического износа;
- ремонт осуществляется как совокупность ремонтно-реставрационных мероприятий, которые проводятся в целях сохранения ОКН в удовлетворительном состоянии, в оценку которого входит поддержание целостности всех элементов здания, составляющих предмет его охраны;
- реставрация включает в себя реставрационные работы, направленные на улучшение физического состояния и поддержания первоначального архитектурного облика представляющих историко-культурную ценность элементов здания.

Вместе с тем, согласно статье 44 федерального закона об ОКН (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации, утвержденного от 25.06.2002 № 73-ФЗ (далее – ФЗ-44), приспособление ОКН для современного использования определяется как научно-исследовательские, проектные и производственные работы, проводимые в целях создания условий для современного использования ОКН, включая реставрацию представляющих собой историко-культурную ценность элементов ОКН.

Рассмотрим исторический опыт использования ОКН с учетом формирующейся нормативно-правовой базы в табл. 1.

Далее рассмотрим основные способы современного использования ОКН, а именно направления изменения первоначального функционала объектов:

- музеефикация, основное направление в середине 1960-х годов, отличительная особенность – сохранение архитектурных форм и художественных особенностей зданий. Музеефикация проводится на объектах, относящихся к государственной (муниципальной) собственности. Данная функция преимущественно интегрировалась в следующие ОКН: дворцы, усадьбы, квартиры, где жили выдающиеся исторические личности. При этом музеефикация получила развитие в двух направлениях: ОКН выступал в роли самостоятельного объекта музейного показа либо в данном ОКН размещали музей, посвященный исторической личности. Примером может служить дворцовая архитектура Санкт-Петербурга, а именно Мраморный, Строгановский дворцы и Михайловский замок, которые стали филиалами Русского музея;

1. Исторический опыт использования ОКН

Период	Нормативно-правовая база (характеристики)
1964 г.	Венецианская хартия по вопросам сохранения и реставрации памятников и достопримечательных мест (международный документ, закрепляющий профессиональные стандарты в области охраны и реставрации материального наследия)
1965 г.	Всероссийское общество охраны памятников истории и культуры: общество вовлекает население в процесс выявления и сохранения ОКН, а также выступает инициатором массовой консервации многочисленных объектов
1972 г.	Конвенция об охране всемирного культурного и природного наследия ЮНЕСКО (определены базовые принципы выявления, сохранения, охраны, изучения и популяризации культурного и природного наследия)
В советский период в связи с проводимой политикой (борьба с классовым неравенством) городские особняки и помещичьи усадьбы конфисковывались, так усадьбы переформировывались с учетом новых потребностей общества в колхозы, а на основе существующих особняков проектировали многоквартирные дома, расселяя в такие дома нуждающихся в жилье. Вместе с тем, политика властей в области религии проявилась в разрушении исторических культовых объектов и применению их в хозяйственных целях (конторы, склады, цеха, мастерские), в связи с чем была утрачена значительная часть уникальных конструкций и настенной живописи церквей XIX, XVIII веков [1]	
с 2002 г.	На территории Российской Федерации действует ФЗ-44, которым установлены принципы и подходы по сохранению и использованию объектов, при этом они разработаны с учетом положений вышеуказанных материалов. Также в ФЗ-44 определены положения, регламентирующие государственную охрану ОКН: установка зон охраны ОКН, а именно «охранные зоны ОКН», «зоны регулирования застройки и хозяйственной деятельности» и «зоны охраняемого природного ландшафта»
2023 г.	Научно-методические аспекты обеспечения процесса сохранения и использования ОКН изучаются и разрабатываются в Российском научно-исследовательском институте культурного и природного наследия им. Д. С. Лихачева. Также происходит формирование общественных движений, которые занимаются активной деятельностью по охране ОКН, например, «Архнадзор». Вместе с тем, существуют государственные и региональные программы поддержки в сфере охраны ОКН («Развитие городской среды», «Безопасный город» и др.)

– реконструкция индустриальных объектов, впервые проводилась в 1960-е годы в Великобритании. Примеры объектов промышленной архитектуры второй половины XIX века в России: депо, сторожевые дома, казармы, водонапорные башни, нефтекачки. При этом сегодня, в силу быстроразвивающихся технологий, большая часть данных объектов не может применяться по своей первоначальной функции, в связи с чем такие объекты либо стоят пустующие и разрушаются, либо адаптированы под потребности городского населения: туризм, торговля, кафе и рестораны, офисы и деловые центры, гостиницы и многофункциональные центры [2].

Отдельно стоит отметить, что в настоящее время при разработке проектов по приспособлению ОКН под современные потребности общества в целях восстановления его социальной значимости практически отсутствуют ограничения в определении его функционального назначения, однако важно учитывать влияние ОКН на формирование городского пространства [3].

Рассмотрим практику по сохранению и приспособлению ОКН на примере Тамбовской области.

В настоящее время в Тамбовской области на государственной охране находится 1602 ОКН, при этом из них 86 ОКН являются объектами федерального значения, 514 – объектами регионального значения, 5 – объектами местного (муниципального) значения, 997 – выявленными объектами. Правительство области большое внимание уделяет вопросу проработки решений по воссозданию облика памятников архитектуры и преобразению исторических центров городов Тамбовской области. При этом, согласно статистике по региональным столицам России, в г. Тамбове отмечается высокая сохранность исторической застройки XVIII – начала XX столетий.

Особенностью городов Тамбовской области является то, что по большей части ОКН – это малоэтажные дома, в которых проживают жильцы, оплачивающие капремонт, однако данных средств недостаточно для реконструкции таких зданий, в связи с чем возникла необходимость изменений в подходах к капитальному ремонту ОКН с жилой функцией.

Среди программ поддержки ОКН Тамбовской области следует отметить следующие:

- госпрограмма «Развитие культуры» в сфере государственной охраны и популяризации ОКН, на реализацию которой в 2023 году выделено 49 млн. руб.;

- программа «Наследие Тамбовщины», согласно которой предусмотрено проведение капитального ремонта многоквартирных домов, являющихся ОКН, в 2023 году запланирован ремонт 15 ОКН. Так, исторический облик зданий будет сохранен, а предприниматели, имеющие в таких домах торговые площади, обязаны соблюдать дизайн-код.

Вместе с тем, в Тамбовской области организован комплексный подход к сохранению ОКН, усилена профилактическая работа с собственниками объектов по соблюдению установленных к ним требований. По итогу таких работ в 2022 году было проведено 103 контрольно-надзорных мероприятия, при этом в результате данных мероприятий были выданы предписания и составлены протоколы, а владельцам ОКН объявлено 102 предостережения по результатам профилактических визитов. Также продолжена работа по выявлению ОКН, установлению границ их территорий и зон охраны [4].

Кроме того, в Тамбовской области разработали новый механизм поддержки ОКН – микрозаймы. В целях сохранения культурного наследия путем аренды или продажи исторических зданий с обременениями, а именно собственник может выкупить или арендовать культурный памятник за символическую сумму, но обязан восстановить здание и содержать его в надлежащем виде.

Приведем примеры наиболее удачных реставрационных проектов, реализованных в последнее время в г. Тамбове – приспособление для современного использования ОКН «Бывший жилой дом» (ул. Октябрьская, 16) и «Здания прачечной», входящего в состав ОКН федерального значения «Усадьба Асеевых» (ул. Набережная, 22/1) (рис. 1). Работы по сохранению этих объектов были выполнены по проектам, разработанным ООО «Ника-Арт» (г. Воронеж) и ООО «Тамбовский научно-технический центр строительства и архитектуры» (г. Тамбов).

Отдельно стоит отметить, что восстановление конструктивных и декоративных элементов, а также социальной значимости ОКН в регионах России, можно осуществлять с помощью повышения интереса населения к ознакомлению с культурой прошлого, предложив туристические маршруты по наиболее ценным объектам региона с учетом положений национального проекта «Туризм и индустрия гостеприимства».



Рис. 1. «Здания прачечной», входящего в состав ОКН «Усадьба Асеевых»

Учитывая вышеобозначенное, можно сказать, что ОКН обладают образовательным и культурным потенциалами, в связи с чем необходимо проводить комплекс исследовательских, изыскательских, проектных, производственных работ, в целях сохранения ОКН в первоначальном виде, без изменения характеристик, являющихся предметом охраны, вместе с тем, данные объекты должны отвечать функциональному составу современной архитектуры городской застройки.

Список источников

1. Путрик, Ю. С. Перспективные направления использования объектов культурного наследия, находящихся в границах охранных зон на территории Российской Федерации / Ю. С. Путрик, А. П. Соловьев // Ученые записки. Алтайская государственная академия культуры и искусств. – 2021. – № 3(29). – С. 9 – 13.
2. Соколов, Ю. В. Современное использование памятников архитектуры // Ю. В. Соколов // Гуманитарные научные исследования. – 2016. – № 7. – URL : <https://human.snauka.ru/2016/07/15840> (дата обращения: 05.06.2023).
3. Бердюгина, Ю. М. Критерии приспособления объекта культурного наследия для современного использования / Ю. М. Бердюгина // Академический вестник УРАЛ-НИИПРОЕКТ РААСН. – 2018. – С. 47 – 51.
4. Новости Правительства Тамбовской области // Правительство Тамбовской области // Новости Правительства Тамбовской области. – URL : <https://www.tambov.gov.ru/news/na-sohranenie-kulturnogo-naslediya-tambovshhiny-v-2023-godu-napravyat-282-mln-rublej.html> (дата обращения: 26.04.2023).

References

1. Putrik, Yu. S. Prospective directions of the use of objects of cultural heritage located within the protected zones on the territory of the Russian Federation /Yu. S. Putrik, A. P. Solovyov // Scientific notes. Altai State Academy of Culture and Arts. – 2021. – No. 3(29). – P. 9 – 13.
2. Sokolov, Yu. V. Modern use of monuments of architecture // Yu.V. Sokolov // Humanitarian scientific research. – 2016. – No. 7. – URL : <https://human.snauka.ru/2016/07/15840> (accessed 05 June 2023).
3. Berdyugina, Y. M. Criteria for adaptation of the object of cultural heritage for modern use / Y. M. Berdyugina // Academic Bulletin of Ural-NIIPROEKT RAASN. – 2018. – P. 47 – 51.
4. News of the Government of the Tambov region // Government of Tambov region // News of the Government of Tambov region. – URL : <https://www.tambov.gov.ru/news/na-sohranenie-kulturnogo-naslediya-tambovshhiny-v-2023-godu-napravyat-282-mln-rublej.html> (accessed 26 April 2023).

О. Б. Демин, канд. техн. наук, профессор, **Т. Ф. Ельчищева**, канд. техн. наук, доцент,
Б. О. Демин, канд. техн. наук, доцент, **Е. В. Демина**, инженер
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ОСОБЕННОСТИ ПРОВИНЦИАЛЬНОГО МОДЕРНА В АРХИТЕКТУРНОЙ СРЕДЕ ГОРОДА ТАМБОВА В НАЧАЛЕ XX ВЕКА

Аннотация. Период конца XIX – начала XX века в России начал новую эпоху в организации архитектурной системы и принципе формообразования. В истории русского искусства он стал периодом, обозначившим ряд качественных изменений. Для архитектуры того времени характерно многообразие течений, однако следует выделить стиль «модерн». В Российской империи модерн развивался под влиянием западных стран. Провинциальная архитектура – уникальное явление отечественной архитектуры. В историческом ядре г. Тамбова сохранилось более 20 зданий, построенных в стиле модерн, либо с заимствованием отдельных элементов стиля. Архитекторы не всех зданий персонализированы. Самыми яркими зодчими того времени, работавшими в стиле модерн, являются Т. Ф. Свиричевский, В. И. Фрейман, П. Ф. Феодоровский, А. В. Миролюбов, П. Ф. Вахрушев. В работе изучались ритмические, фактурные, пространственные и цветовые аспекты фасадов зданий, их композиционные решения.

Ключевые слова: архитектура, провинциальный модерн, градостроительство.

O. B. Demin, Ph. D. Sc., Assistant Professor,
T. F. Elchishcheva, Ph. D. Sc., Assistant Professor,
B. O. Demin, Ph. D. Sc., Assistant Professor, **E. V. Demina**, Engineer
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

FEATURES OF PROVINCIAL MODERN IN THE ARCHITECTURAL ENVIRONMENT OF THE CITY OF TAMBOV AT THE BEGINNING OF THE XX CENTURY

Abstract. The period of the late XIX – early XX century in Russia began a new era in the organization of the architectural system and the principle of shaping. In the history of Russian art, it became a period that marked a number of qualitative changes. The architecture of that time is characterized by a variety of trends, but the Art Nouveau style should be singled out. In the Russian Empire, Art Nouveau developed under the influence of Western countries. Provincial architecture is a unique phenomenon of domestic architecture. In the historical core of the city of Tambov, more than 20 buildings built in the Art Nouveau style, or with the borrowing of individual elements of the style, have been preserved. The architects of not all buildings are personalized. The brightest architects of that time, who worked in the Art Nouveau style, are T. F. Svirchevsky, V. I. Freiman, P. F. Feodorovsky, A. V. Mirolubov, P. F. Vakhrushev. The work studied the rhythmic, textural, spatial and color aspects of building facades, their compositional solutions.

Keywords: architecture, provincial modern, urban planning.

В Тамбове к концу XIX века сформировалась планировочная структура из культурных, промышленных и социальных объектов. Город застраивался по-новому конформированному плану, определяющему границы города, застройку, четкую планировку улиц и переулков с установленной шириной. Главные улицы шли вдоль и перпендикулярно реки Цны. Природные рубежи ограничивали городскую территорию.

Начало XX века в Российской империи было ознаменовано небывалым промышленным и экономическим ростом. Институты и гимназии способствовали лучшей адаптации выходцев из сел к городскому образу жизни. Важным этапом в развитии г. Тамбова возможно считать строительство железнодорожного вокзала Рязано-Уральской ветки.

В этот же период происходит становление архитектурно-художественных школ, образцовое строительство сменяется индивидуальными проектами. В историческом ядре города сохранились образцы классицизма, эклектики, модерна, неоклассицизма, неорусского и псевдоготического стилей. Из всего множества стилей, модерн интересен своим новым взглядом на принципы формообразования и построения композиции фасадов.

Модерн – художественное направление в искусстве, выразившееся в отказе от прямых линий и углов в пользу «природных» линий, применении прогрессивных технологий и строительных материалов, развитии прикладного искусства [1]. Композиции модерна рассчитаны на длительное восприятие с различных точек. Стилевая система определяется органической целостностью системообразующих связей и организации архитектурной системы. Функция и конструктивно-планировочная структура признаны стилеобразующим фактором. Композиция здания строится на взаимодействии различных по своему назначению элементов, таких, как силуэт здания, форма карнизов, ритм и форма оконных проемов, фактура и цвет облицовочных материалов и декоративных деталей. Ритмические композиции тяготеют к трем следующим формам [2]. Это макроформа, куда входят силуэт здания, абрис плоскости фасада, которые повторяются в ритмике более мелких частей – сетке и рисунке оконных проемов, в горизонтальных и вертикальных членениях, что дополняется и поддерживается декором, линиями карнизов, балконов, эркеров и т.д. Вторая композиция заключается в ритмическом сопоставлении нескольких форм, которые подчинены главной. Третья заключается в том, что отдельные незавершенные элементы образуют художественное целое вследствие внутреннего ритмического единства [3]. Часто ритмические композиции komponуются в единое целое.

Провинциальный модерн Тамбова развивался в двух направлениях одновременно – декоративном и рациональном. Исследуемые здания представлены на рис. 1.

К зданиям, построенным в декоративном стиле относятся: «Гостиница братьев Никольских» (рис. 2), «Театр полезных развлечений» (рис. 3), «Ансамбль усадьбы купца Аносова» (рис. 4), «Здание общественного назначения – кинотеатр «Модерн» (рис. 5).

Характерной особенностью декоративного модерна г. Тамбова является пластика и ритмика фасадов. Принцип ритмической композиции воплощается в разных приемах: равномерной повторяемости сходных форм, развитии одной или нескольких тем. Активно используется пластика линий в орнаментах металлических решеток, изогнутых очертаниях оконных проемов и переплетов рам. Фасады зданий, за исключением здания бывшего кинотеатра «Модерн», акцентируются скошенным углом с повышенным объемом и куполом в завершении. Конструктивное решение зданий выполнено с несущими продольными и поперечными стенами.

К зданиям, построенным в рациональном стиле, относятся: «Здание музыкального училища» (рис. 6), архитектор Ф. А. Свирчевский; «Здание областного управления госбанка СССР», 1910 г., архитектор А. Ф. Миролюбов; «Здание общественного назначения», бывший кинотеатр «Зеркало жизни» (рис. 7); «Здание общественного назначения – школа № 29»; «Здание ремесленного училища», (на данный момент один из корпусов лицея № 29); «Дом жилой» (бывший дом К. Польмана; «Городская усадьба»; «Дом жилой», г. Тамбов, ул. Ленинградская, д. 58; «Дом предводителя Тамбовского дворянства А. И. Сатина»;

«Дом дворянина А. Ливенцова»; «Дом видного общественного деятеля г. Тамбова А. А. Булгакова»; «Дом жилой», г. Тамбов, ул. Тельмана, д. 25; «Дом инженера Галкина»; «Доходный дом А. А. Монякова», г. Тамбов, ул. Носовская, д. 8; «Доходный дом К. Н. Никонова», где в 1918 – 1919 гг. размещался народный университет.

Композиция фасадов зданий позднего модерна строга и рационалистична. Используется метод плоского фасада, пилястры также имеют плоские формы, выделяется четкий ритм и правильное расположение окон, строгость основных линий, что представляет собой дальнейшее развитие рационалистических тенденций модерна.

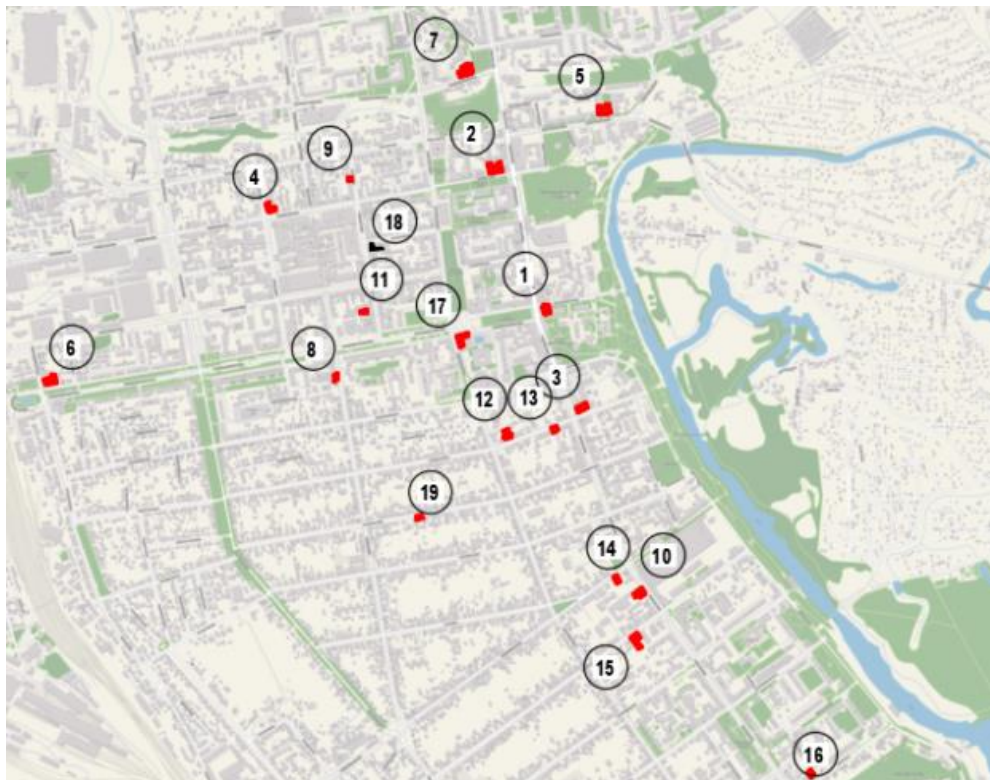


Рис. 1. Ситуационный план города с обозначением зданий в стиле модерна:

- 1 – «Здание музыкального училища», 1903 г., архитектор Т. Ф. Свирчевский, г. Тамбов, ул. Советская, д. 87; 2 – «Здание областного управления Госбанка СССР», 1910 г., архитектор А. Ф. Миролубов. г. Тамбов, ул. Октябрьская, д. 7; 3 – «Здание общественного назначения – кинотеатр «Модерн», г. Тамбов, ул. Советская, д. 81/25; 4 – «Здание общественного назначения», бывший кинотеатр «Зеркало жизни», г. Тамбов, ул. Красная/ул. Октябрьская, д. 9/45;
- 5 – «Здание общественного назначения – школа № 7», г. Тамбов, ул. Степана Разина, д. 21;
- 6 – «Театр полезных развлечений», г. Тамбов, ул. Интернациональная, д. 93;
- 7 – «Здание ремесленного училища», г. Тамбов, ул. Студенецкая Набережная, д. 23;
- 8 – «Дом жилой» (бывший дом К. Польмана), г. Тамбов, ул. Базарная, д. 104;
- 9 – «Городская усадьба», г. Тамбов, ул. Носовская, д. 16; 10 – «Ансамбль усадьбы купца Аносова», г. Тамбов, ул. Советская, д. 66; 11 – «Доходный дом А. А. Монякова», г. Тамбов, ул. Носовская, д. 8;
- 12 – «Дом предводителя тамбовского дворянства А. И. Сатина», г. Тамбов, ул. Комсомольская, д. 41;
- 13 – «Дом дворянина А. Ливенцова», г. Тамбов, ул. Комсомольская, д. 18; 14 – «Дом видного общественного деятеля г. Тамбова А. А. Булгакова». г. Тамбов, ул. Лермонтовская, д. 24;
- 15 – «Дом инженера Галкина», г. Тамбов, ул. Августа Бебеля, д. 20; 16 – «Дом жилой», г. Тамбов, ул. Тельмана, д. 25; 17 – «Гостиница братьев Никольских», г. Тамбов, ул. Интернациональная/ул. Карла Маркса, д. 22/143; 18 – «Доходный дом К. Н. Никонова», где в 1918 – 1919 гг. размещался народный университет, г. Тамбов, ул. Державинская/ул. Носовская, д. 28/13;
- 19 – «Дом жилой», г. Тамбов, ул. Ленинградская, д. 58



Рис. 2. Декоративный модерн.
«Гостиница братьев Никольских»,
г. Тамбов, ул. Интернациональная/
ул. Карла Маркса, д. 22/143



Рис. 3. Декоративный модерн.
«Театр полезных развлечений», г. Тамбов,
ул. Интернациональная, д. 93



Рис. 4. Декоративный модерн.
Главный дом ансамбля усадьбы купца Аносова»,
г. Тамбов, ул. Советская, д. 66



Рис. 5. Декоративный модерн.
«Здание общественного назначения –
кинотеатр «Модерн»,
г. Тамбов, ул. Советская, д. 81/25



Рис. 6. Рациональный модерн.
«Здание музыкального училища», 1903 г.,
архитектор Т. Ф. Свирчевский. г. Тамбов,
ул. Советская, д. 87



Рис. 7. Рациональный модерн.
«Здание общественного назначения»,
бывший кинотеатр «Зеркало жизни»,
г. Тамбов, ул. Красная/
ул. Октябрьская, д. 9/45

Рационализм позднего модерна более последователен и более традиционен. Он традиционен в понимании рационалистического как строгого геометризма форм [3], унификации, предпочтения простейшей формы прямоугольника. Конструктивная схема зданий стеновая, с несущими продольными и поперечными стенами.

В позднем модерне возрастает значение фактуры и цвета материалов как средств художественной выразительности. Популярна высокопрочная цементная штукатурка, облицо-

ка глазурованной плиткой. Достоинства самой кладки, рисунок швов, тщательность затирки раствора, контраст фактуры раствора и кирпича и выразительность облицованной кирпичом стены имеют главную роль в общей системе художественных приемов.

Изучению провинциального модерна будут посвящены дальнейшие исследования авторов, планируемых в изучении стиля «модерн» в деталях зданий – применительно к линиям эркеров, фронтонов, аттиковых стенок, кованых изделий на фасадах, членениях и форме оконных заполнений и оконных проемов, купольных завершений.

Список источников

1. Известия Томского политехнического университета / ред. А. Н. Пестряков. – Томск : Томский политехнический университет, 2013. – Т. 323, № 6. – 323 с. URL : <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=231282>
2. Зиновеева, М. М. Витражи в интерьерах русского модерна : дис. ... канд. искусствоведения: 17.00.04 / М. М. Зиновеева. – М., 2003. – 191 с.
3. Кириченко, Е. И. Русская архитектура. 1830 – 1910 гг. / Е. И. Кириченко. – М. : Искусство, 1982. – 399 с.
4. Главатских, Л. Ю. Эволюция архитектуры жилых и общественных зданий г. Новосибирска 20 – 30-х годов XX столетия : дис. ... канд. арх.: 18.00.01 / Л. Ю. Главатских. – Новосибирск, 1999. – 259 с.

References

1. Bulletin of the Tomsk Polytechnic University / ed. A. N. Pestryakov – Tomsk : Tomsk Polytechnic University, 2013. – V. 323, No. 6. – 323 p. – URL : <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=231282>.
2. Zinoveeva, M. M. Stained-glass windows in the interiors of Russian Art Nouveau : Dis. ... kand. ... cand. art history: 17.00.04 / M. M. Zinoveeva. – M., 2003 – 191 p.
3. Kirichenko, E. I. Russian architecture. 1830 – 1910 / E. I. Kirichenko. – M. : Art, 1982. – 399 p.
4. Glavatskikh, L. Yu. The evolution of the architecture of residential and public buildings in Novosibirsk in the 20 – 30s of the XX century: dis. ... cand. arch.: 18.00.01 / L. Yu. Glavatskikh. – Novosibirsk, 1999. – 259 p.

Т. Ф. Ельчищева, канд. техн. наук, доцент, **О. Б. Демин**, канд. техн. наук, профессор,

Б. О. Демин, канд. архитектуры, доцент

Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

Е. В. Демина, инженер

ООО «Ростехпроект» (Тамбов, Россия)

АРХИТЕКТУРНЫЙ ОБЛИК ПРОВИНЦИАЛЬНОГО МОДЕРНА ГОРОДА ТАМБОВА

Аннотация. Стиль «модерн» интернациональный, его родиной по праву считается Англия. В конце XIX века распространился в такие страны, как Франция, Германия, Италия, Австрия. В Москве и Санкт-Петербурге развивался под влиянием архитекторов Абрамцевского кружка. Особое место в распространении нового стиля занимает выставка 1900 года в Париже, которая стала смотром всех новаторских тенденций в архитектуре и дизайне того времени. Для России выставка оказала влияние на создание единого стилевого направления.

Провинциальная архитектура, как уникальное явление отечественной архитектуры, развивалось под влиянием местных зодчих, а также предпочтений буржуазии. Программные идеи модерна, принципы формообразования, столичная цветовая гамма не свойственны для архитектуры Тамбова. Отдельное внимание заслуживает изучение архитектурных деталей провинциального модерна, так как они в большей степени определяют принадлежность здания к изучаемому стилю.

Ключевые слова: архитектура, рациональный модерн, декоративный модерн.

T. F. Elchishcheva, Ph. D. Sc., Assistant Professor, **O. B. Demin**, Ph. D. Sc., Professor,

B. O. Demin, Ph. D. Sc. Architectures, Assistant Professor

Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

E. V. Demina, Engineer

Rostekhproekt LLC (Tambov, Russia)

ARCHITECTURAL APPEARANCE OF THE PROVINCIAL MODERN CITY OF TAMBOV

Abstract. The Art Nouveau style is international, England is considered to be the homeland. At the end of the 19th century, Art Nouveau spread to countries such as France, Germany, Italy, and Austria. In Moscow, St. Petersburg and some large cities, Art Nouveau developed under the influence of the architects of the Mamontov and Abramtsevo circles. A special place in the spread of the new style is occupied by the exhibition of 1900 in Paris, which became a review of all the innovative trends in architecture and design of that time. For Russia, the exhibition had an impact on the creation of a single style direction modern. Provincial architecture, as a unique phenomenon of domestic architecture, developed under the influence of local architects, as well as the preferences of the bourgeoisie. The programmatic ideas of modernity, the principles of shaping, the metropolitan color scheme are not characteristic of the architecture of Tambov. Special attention deserves the study of the architectural details of the provincial Art Nouveau, because they largely determine the belonging of the building to the studied style.

Keywords: architecture, rational modern, decorative modern.

Новый стиль «модерн», распространившийся в конце XIX века в ряде стран, получил различные национальные проявления, однако у него есть и характерные черты, свойственные ему во всем мире: силуэты и орнаменты плавных, изгибающихся очертаний, обилие растительных мотивов, асимметрия. Фасады зданий, построенных в этом стиле, отличаются округлыми контурами проемов, использованием причудливых решеток и глазурованной керамики сдержанных цветов: зеленого, лилового, розового, серого [1]. Появление в качестве строительного материала железобетона способствовало появлению новых конструктивных решений.

Первоначально в России стиль появился в Москве и Санкт-Петербурге, позже распространился в другие крупные города и провинции [2].

В Тамбове новый стиль развивался одновременно в декоративном и рациональном направлении. В декоративном модерне построены преимущественно доходные и жилые дома. В рациональном строились общественные здания и жилые дома.

Архитекторы Тамбова, работавшие в рациональном направлении, – Т. Ф. Свирчевский, В. И. Фрейман, А. В. Миролюбов, в стиле декоративного модерна – П. Ф. Феодоровский.

Для провинциального модерна характерной особенностью стало не программное проектирование, а заимствования лишь отдельных архитектурных элементов, характерных для данного стиля, и фактурных сопоставлений (рис. 1).

Для декоративного модерна характерна асимметрия, выражающаяся в акцентировании углов здания различными приемами – эркерами, скосами, ротондами с купольным завершением [3]. Угол здания бывшего «Театра полезных развлечений», выходящий на пересечение улиц Интернациональной и Железнодорожной, акцентирован эркером на уровне второго этажа с продолжением в виде невысокой восьмигранной башни, увенчанной широким карнизом, восьмигранным куполом и небольшим шпилем в завершении.

Здание бывшей гостиницы Никольских также акцентировано скошенным углом в одну световую ось с парадным входом, повышенной башенкой с куполом и деревянным шпилем. Главный дом ансамбля усадьбы Аносова асимметричен, выразительность достигается акцентированием угла здания полукруглой ротондой с купольным завершением.

Фронтоны и аттиковые стенки также являются основным стилеобразующим фактором провинциального модерна г. Тамбова. Доминантой главного дома купца Аносова можно считать трехосный ризалит с высокой фигурной аттиковой стенкой и люкарной циркульного очертания по центру. Аттиковая стенка с подковообразным проемом присутствует на здании ранее существовавшего кинотеатра «Модерн». Фронтоны здания «Театра полезных развлечений» с пластичными линиями создают общность со стилем модерн.

Фасады зданий рационального модерна строги и симметричны относительно центральной световой оси, лишены перегруженности архитектурными элементами [4] («Здание музыкального училища», 1903 г., архитектор Т.Ф. Свирчевский; «Здание областного управления Госбанка СССР», 1910 г., архитектор А.Ф. Миролюбов. г. Тамбов, ул. Октябрьская, д. 7; «Здание общественного назначения – школа № 29», г. Тамбов, ул. Степана Разина, д. 21).

Переплеты оконных рам наделяются декоративными качествами, им придается криволинейная, круглая, овальная, полуциркульная, прямоугольная форма, углы скругляются.

Большинство изделий из металла выполнены по технологии горячейковки. Кроме растительных природных линий применяются строгие рациональные формы.

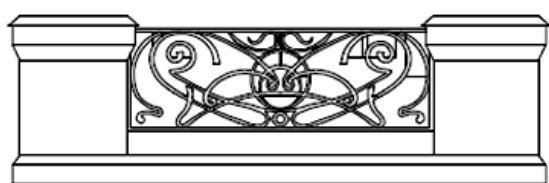
Активно применяется в отделке фасадов глазурованная плитка (бывший кинотеатр «Зеркало жизни», г. Тамбов, ул. Красная/ул. Октябрьская, д. 9/45; «Дом предводителя Тамбовского дворянства А. И. Сатина», г. Тамбов, ул. Комсомольская, д. 41; «Дом видного общественного деятеля г. Тамбова А. А. Булгакова», г. Тамбов, улица Лермонтовская, д. 24), либо в выделении отдельных архитектурных элементов («Здание общественного назначения – школа № 29», г. Тамбов, ул. Степана Разина, д. 7; «Городская усадьба», г. Тамбов, ул. Носовская, д. 16; «Здание областного управления госбанка СССР», 1910 г., архитектор А.Ф. Миролюбов, г. Тамбов, ул. Октябрьская, д. 7; «Дом дворянина А. Ливенцова», г. Тамбов, ул. Комсомольская, д. 18).

Модерну характерно сопоставление фактур кирпича и цементной штукатурки, архитектурных деталей, таких, как лопатки, венчающий и междуэтажный карниз («Доходный дом А. А. Монякова», г. Тамбов, ул. Носовская, д. 8; «Дом инженера Галкина», г. Тамбов, ул. Августа Бебеля, д. 20).

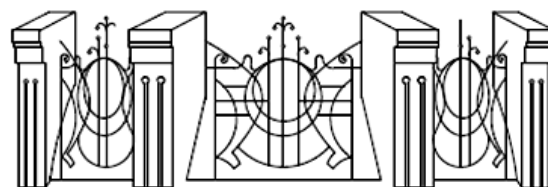
Для провинциального модерна не свойственно применение каркасной схемы. Здания строились, как и прежде, с несущими продольными и поперечными стенами. Редко применялись прогрессивные строительные материалы в конструкциях, такие, как бетон, металлические стойки.

Модерн отличается архитектурными деталями. Некоторые характерные архитектурные детали провинциального модерна, выявленные в г. Тамбове, приведены на рис. 1 – 4.

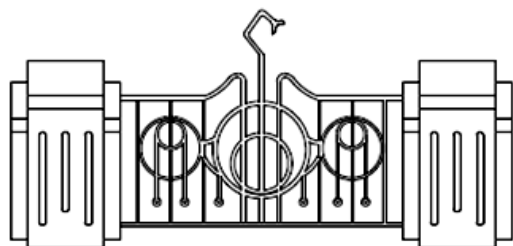
Подводя некоторый итог исследованиям провинциального стиля «модерн» г. Тамбова, можно отметить, что новый на то время стиль определялся набором определенных архитектурных деталей, фактурными сопоставлениями отделочных материалов и утилитарности кирпичной кладки. Провинциальному модерну не присущ принцип свободной планировки, так как применялась стеновая конструктивная схема.



«Здание общественного назначения - кинотеатр "Модерн"
г. Тамбов, ул. Советская, д. 81/25



«Театр полезных развлечений»
г. Тамбов, ул. Интернациональная, д. 93

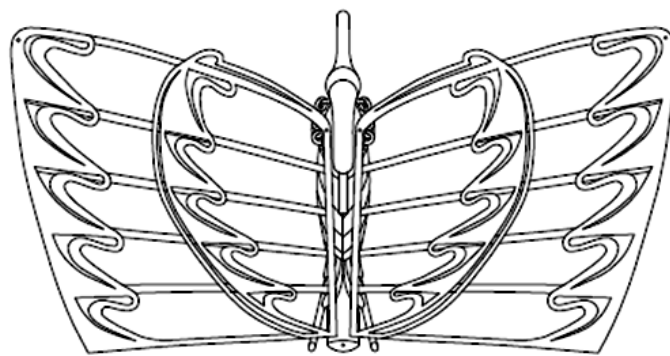


Дом жилой. г. Тамбов, ул. Тельмана, д. 25



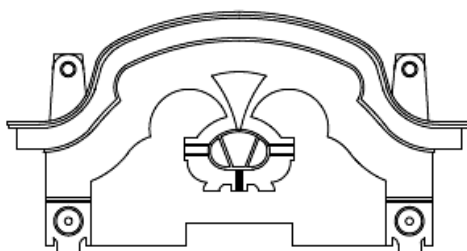
Графическая реконструкция утраченного навеса главного фасада
здания музыкального училища
г. Тамбов, ул. Советская, д. 87

**Рис. 1. Архитектурные детали фасадов, характеризующие стиль «модерн» в г. Тамбове:
линии стиля «модерн» в кованых изделиях**

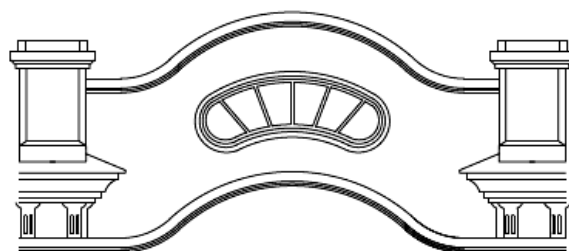


«Здание общественного назначения - кинотеатр "Модерн".
Козырек главного входа. г. Тамбов, ул. Советская, д. 81/25

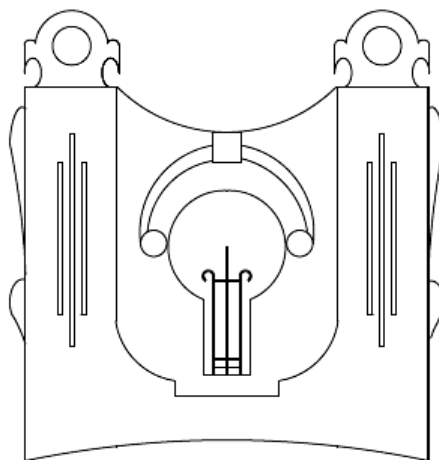
**Рис. 2. Архитектурные детали фасадов, характеризующие стиль «модерн» в г. Тамбове:
линии стиля «модерн» в комбинированных изделиях (ковка и металл, «Аист»)**



Ансамбль усадьбы купца Аносова. г. Тамбов, ул. Советская, д. 66

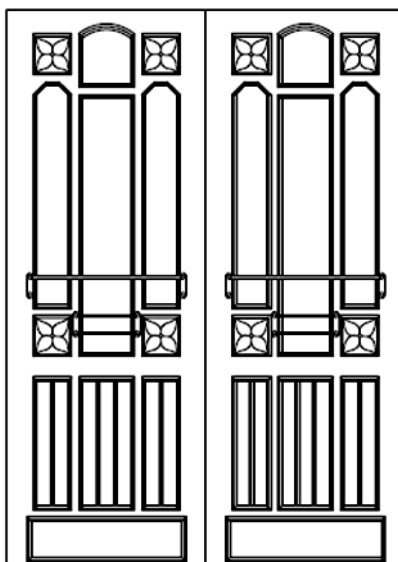


«Городская усадьба»
г. Тамбов, ул. Носовская, д. 16



«Здание общественного назначения - кинотеатр "Модерн"
г. Тамбов, ул. Советская, д. 81/25

**Рис. 3. Архитектурные детали фасадов, характеризующие стиль «модерн» в г. Тамбове:
линии стиля «модерн» фронтонов и аттиковых стенок**



«Здание общественного назначения - кинотеатр "Модерн". Дверное полотно главного входа. г. Тамбов, ул. Советская, д. 81/25

**Рис. 4. Архитектурные детали фасадов, характеризующие стиль «модерн» в г. Тамбове:
линии стиля «модерн» в деревянных деталях**

Список источников

1. Известия Томского политехнического университета / ред. А. Н. Пестряков. – Томск : Томский политехнический университет, 2013. – Т. 323, № 6. – 323 с. URL : <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=231282>
2. Зиновеева, М. М. Витражи в интерьерах русского модерна : дис. ... канд. искусствоведения: 17.00.04 / М. М. Зиновеева. – М., 2003. – 191 с.
3. Кириченко, Е. И. Русская архитектура. 1830 – 1910 гг. / Е. И. Кириченко. – М. : Искусство, 1982. – 399 с.
4. Главатских, Л. Ю. Эволюция архитектуры жилых и общественных зданий г. Новосибирска 20 – 30-х годов XX столетия : дис. ... канд. арх.: 18.00.01 / Л. Ю. Главатских. – Новосибирск, 1999. – 259 с.

References

1. Bulletin of the Tomsk Polytechnic University / ed. A. N. Pestryakov – Tomsk : Tomsk Polytechnic University, 2013. – V. 323, No. 6. – 323 p. – URL : <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=231282>.
2. Zinoveeva, M. M. Stained-glass windows in the interiors of Russian Art Nouveau : Dis. ... kand. ... cand. art history: 17.00.04 / M. M. Zinoveeva. – M., 2003 – 191 p.
3. Kirichenko, E. I. Russian architecture. 1830 – 1910 / E. I. Kirichenko. – M. : Art, 1982. – 399 p.
4. Glavatskikh, L. Yu. The evolution of the architecture of residential and public buildings in Novosibirsk in the 20 – 30s of the XX century: dis. ... cand. arch.: 18.00.01 / L. Yu. Glavatskikh. – Novosibirsk, 1999. – 259 p.

В. Н. Лукашевич, д-р техн. наук, профессор,
О. Д. Лукашевич, д-р техн. наук, профессор
Томский государственный архитектурно-строительный университет (Томск, Россия)

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Аннотация. Проанализированы требования экологической безопасности в современных условиях строительства, ремонта и эксплуатации автотранспортных сооружений. Обобщена информация о характере и уровне воздействия техногенных факторов на природные объекты и человека со стороны автомобильных дорог. Предложены пути снижения экологических и производственных рисков в отношении окружающей среды, работников дорожно-транспортной отрасли и пассажиров.

Ключевые слова: экологическая безопасность, дорожное строительство, экологические показатели, автотранспортная система.

V. N. Lukashevich, Dr. Tech. Sc., Professor,
O. D. Lukashevich, Dr. Tech. Sc., Professor
Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering (Tomsk, Russia)

MODERN APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL FRIENDLY OF ROAD CONSTRUCTION

Abstract. The requirements of environmental safety in modern conditions of construction, repair and operation of motor transport facilities are analyzed. Information on the nature and level of impact of technogenic factors on natural objects and humans from highways is summarized. Ways to reduce environmental and production risks in relation to the environment, road transport workers and passengers are proposed.

Keywords: environmental safety, road construction, environmental performance, motor transport system.

Устойчиво функционирующая транспортная сеть – важнейшее условие экономического и социального развития государства [1]. Задачи обеспечения высоких технико-эксплуатационных, экологических и экономических характеристик автомобильных дорог могут решаться только на основе методологии системного подхода [1 – 4]. Важно понимать при этом, что строительство крупных объектов транспортной инфраструктуры охватывает значительные территории, требует изменения ландшафтов. Негативное воздействие автомагистралей на сложившиеся экосистемы со стороны загрязнителей воздуха, водных объектов, почв, флоры и фауны продолжается и после строительства, в период эксплуатации и ремонта [4 – 6].

Особенно велико значение роста загрязненности экосистем придорожной полосы. На ее величину влияют объемы отработавших газов автотранспорта, которые, в свою очередь, зависят от дорожных условий, химического состава топлива, от структуры автомобильного потока и его интенсивности. Последний показатель растет по мере увеличения числа грузовых автомобилей в общем транспортном потоке. В условиях Сибири, Севера и Дальнего Востока с обилием снега в зимний период свой вклад в негативное воздействие на биоту вносят химические средства, используемые для борьбы с обледенением.

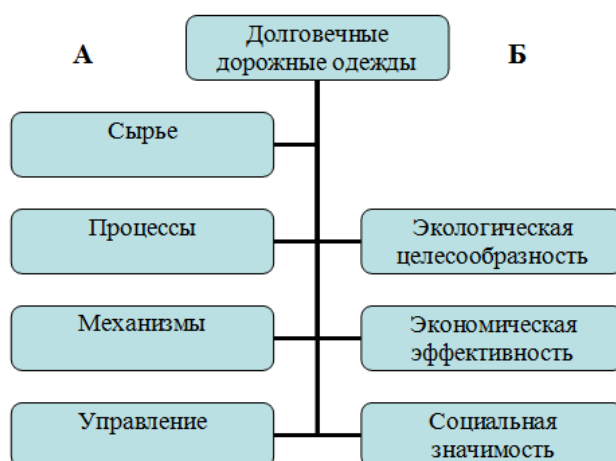


Рис. 1. Система экологически безопасной долговечной автомобильной дороги как совокупность внутренней (А) и внешней (Б) подсистем

Схематично система экологически безопасной долговечной автомобильной дороги может быть показана в виде совокупности взаимосвязанных подсистем, как показано на рис. 1.

Внутренняя подсистема включает:

- особенности состава и технологий подготовки сырья;
- специфику дорожно-строительных процессов (желательно – выбранных из перечня наилучших доступных технологий – НДТ);
- обеспеченность оборудованием, механизмами, удовлетворяющими требованиям биосферной совместимости;
- элемент «управление», охватывающий создание условий, которые обеспечивают требуемое (в рамках заданных экологических стандартов, нормативных требований) протекание процессов и работу механизмов.

Внешняя подсистема рассматривается как надсистема по отношению к совокупности экологической, социальной подсистем и подсистемы экономических экспертных оценок.

Все надсистемы и подсистемы относительно независимы. Однако, они взаимосвязаны, взаимозависимы и влияют друг на друга через горизонтально и вертикально направленные векторы взаимодействия. Как показывает анализ состояния исследуемой проблемы, сущностное и механистическое наполнение подсистем разработано слабо, фрагментарно, не системно.

Проведенный аналитический обзор эколого-ориентированной научной литературы по дорожному строительству позволил выявить основные задачи, решение которых открывает возможности «экологизации» отрасли, что показано на рис. 2.

Развитие транспортной системы России до 2030 г., согласно нацпроектам, предусматривает «повышение безопасности транспортной системы; снижение негативного воздействия транспортной системы на окружающую среду». На территории Сибири, Севера, Дальнего Востока достижение этих целей сопряжено с целым рядом трудностей объективного характера, что связано с воздействием суровых природно-климатических условий, сложного рельефа, высокой уязвимости экосистем, нарушаемых при строительных работах. Кем должны финансироваться дополнительные затраты на обеспечение экологической безопасности строительства? Думается, государством, так как частным дорожно-строительным компаниям это делать трудно.

учет при проектировании максимального числа объектов, параметров, факторов, условий	предотвращение аварий, несчастных случаев, залповых выбросов и сбросов вредных веществ	размещение складов сырья и материалов за пределами водоохранных зон
объективные размеры экологических платежей	строгое выполнение требуемых технологических, гидротехнических, санитарных мероприятий	противофильтрационное экранирование миграционно ослабленных зон
контроль над качеством дорожно-строительных материалов и соблюдением технологических режимов при строительстве	экологический мониторинг	замена части сырья на материалы из отходов производства и потребления
создание новых строительных материалов и технологий, удовлетворяющих требованиям экологической безопасности	экологически обоснованное размещение объектов дорожно-транспортного строительства	информирование надзорных и контролирующих органов о ЧС, влияющих на состояние природных объектов
выполнение технической и биологической рекультивации земель после завершения работ	переход к принципу максимальной достижимости безопасности от принципа минимальной достаточности	совершенствование конструкции дорожной одежды (подстилающий слой, основа, покрытие) с учетом региональных особенностей

Рис. 2. Задачи для решения при переходе к «зеленому» дорожно-транспортному строительству в контексте устойчивого развития

Список источников

1. Лукашевич, В. Н. Строительство, эксплуатация и безопасность автомобильной дороги в эколого-социально-экономическом контексте / В. Н. Лукашевич, О. Д. Лукашевич // Проблемы социально-экономического развития Сибири. – 2020. – № 3(41). – С. 34 – 39.
2. Экологические особенности обращения с объектами дорожно-строительного комплекса / Н. И. Шестаков, К. Л. Чертес, О. В. Тупицина, В. Н. Пыстин // Вестник МГСУ. – 2021. – Т. 16, Вып. 9. – С. 1217 – 1227.
3. Дорожно-транспортный комплекс, его воздействие на окружающую среду / М. М. Шукуров, М. А. Нурдинов, Б. А. Солиев, Р. И. Исмоилов // Oriental Renaissance: Innovative, Educational, Natural and Social Sciences. – 2021. – № 4. – С. 689 – 696.

4. Трофименко, Ю. В. Экологическая политика в дорожной отрасли до 2035 г.: целевые ориентиры и пути их достижения / Ю. В. Трофименко, С. В. Карев // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2021. – № 2. – С. 1 – 6.

5. Фютик, И. Г. Оценка экологической безопасности и транспортного экологического риска в Российской Федерации / И. Г. Фютик, О. В. Рослякова // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2018. – № 1. – С. 212 – 219.

6. Лукашевич, В. Н. Пути повышения экологической безопасности при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог / В. Н. Лукашевич, О. Д. Лукашевич // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2020. – Т. 22, № 5. – С. 200 – 210.

References

1. Lukashevich V. N., Lukashevich O. D. Stroitel'stvo, e'kspluatatsiya i bezopasnost' avtomobil'noj dorogi v e'kologo-social'no-e'konomicheskom kontekste [Construction, operation and safety of a road in a socio-environmental context]. Problemy' social'no-e'konomicheskogo razvitiya Sibiri. – Problems of socio-economic development of Siberia. – 2020. – No. 3(41). – P. 34 – 39.

2. Shestakov N. I., Chertes K. L., Tupicina O. V., Py'stin V. N. E'kologicheskie osobennosti obrashheniya s ob'ektami dorozhno-stroitel'nogo kompleksa [Environmental features of handling objects of the road construction complex] Vestnik MGSU. Journal of Construction and Architecture. – 2021. – V. 16, No. 9. – P. 1217 – 1227.

3. Shukurov M. M., Nurdinov M. A., Soliev B. A., Ismoilov R. I. Dorozhno-transportny'j kompleks, ego vozdejstvie na okruzhayushhuyu sredu [Road transport complex, its impact on the environment] Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. – 2021. – No 4. – P. 689 – 696.

4. Trofimenko Yu. V., Karev S. V. E'kologicheskaya politika v dorozhnoj otrasli do 2035 g.: celevy'e orientiry' i puti ix dostizheniya [Environmental policy in the road sector until 2035: targets and ways to achieve them] Nauka i tekhnika v dorozhnoj otrasl. – Science and technology in the road industry. – 2021. – No 2. – P. 1 – 6.

5. Fyutik I. G., Roslyakova O. V. Ocenka e'kologicheskoy bezopasnosti i transportnogo e'kologicheskogo riska v Rossijskoj Federacii [Assessment of environmental safety and transport environmental risk in the Russian Federation] Nauchny'e problemy' transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka. – Scientific problems of transport in Siberia and the Far East. – 2018. – No. 1. – P. 212 – 219.

6. Lukashevich O. D., Lukashevich V. N. Puti povysheniya ekologicheskoi bezopasnosti pri stroitel'stve i ekspluatatsii avtomobil'nykh dorog [Improvement of environmental safety in construction and road service]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. – 2020. – V. 22, No. 5. – P. 200 – 210.

А. Н. Морозова, студент, **М. В. Долженкова**, канд. техн. наук, доцент кафедры
«Архитектура и градостроительство»
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

РАЗВИТИЕ АРКТИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ

Аннотация. Рассмотрены основные проблемы, связанные с суровым холодным климатом Арктического региона, который долгие годы оставался неприступным для развития. В связи с возрастающими техническими возможностями по исследованию, развитию туризма и обустройству северных территорий, Арктика становится более доступной, роль региона в мировой экономике начинает возрастать. Поставлена задача – повысить эффективность научной деятельности и применимости ее результатов. Необходимость развития туризма в Арктике признается на федеральном уровне. Для развития региона и обеспечения притока населения необходимо создание новых рабочих мест с комфортными условиями труда. Основной темой исследований являются происходящие климатические изменения. Ими обуславливается течение процессов, связанных с изменением состояния морских, прибрежных экосистем и функционирования промышленных субъектов.

Ключевые слова: Арктика, развитие, Северный морской путь, изменение климата, научно-исследовательские станции, туризм.

A. N. Morozova, Student, **M. V. Dolzhenkova**, Ph. D. Sc., Associate Professor
of the Department of Architecture and Urban Planning
Tambov State Technical University Tambov (Tambov, Russia)

DEVELOPMENT OF ARCTIC ARCHITECTURE

The main problems associated with the harsh cold climate of the Arctic region, which for many years remained inaccessible for development, are considered. Due to the increasing technical capabilities for research, the development of tourism and the arrangement of the northern territories, the Arctic is becoming more accessible, the role of the region in the world economy is beginning to increase. The task is to increase the efficiency of scientific activity and the applicability of its results. The need to develop tourism in the Arctic is recognized at the federal level. For the development of the region and ensuring the influx of population, it is necessary to create new jobs with comfortable working conditions. The main topic of the study is ongoing climate change. They determine the course of processes related to changes in the state of marine and coastal ecosystems and the functioning of industrial facilities.

Keywords: Arctic, development, Northern Sea Route, climate change, research stations, tourism.

Введение. Развитие крайнего Севера – стратегически значимый вопрос современности в соответствии с указом Президента Российской Федерации от 26.10.2020 № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года». Архитектура научно-исследовательских станций в таких условиях играет огромную роль в политике нашей страны и является актуальной в лидирующей позиции по всему миру. Россия стремится оптимизировать использование

научной инфраструктуры и продвигать использование новых технологий, а также повысить трафик арктических туристских маршрутов. В общем нацелена производить проекты к сбалансированному развитию Заполярья. Арктика богата своим окружающим миром. Развитию всех арктических идей мешают, с одной стороны, климатические особенности, которые создают трудности в логистике и проведении строительных работ, а с другой – кономический вопрос. Мне кажется, арктическому региону необходимо содействие государства. Рассмотрим, что отличает арктическую архитектуру от любой другой, что на нее влияет, какие люди в ней живут и с чем сталкиваются каждый день. Архитектура в Арктике может быть разнообразной, даже несмотря на экстремальные условия климата.

Известно, что производились древние постройки коренных народов, которые чаще всего находились отдаленно от другой архитектуры. Несмотря на то, что регионы осваивались долго, арктические поселения не сильно разрослись, в основном обжиты только материковые земли Арктики, где климат относительно умеренный для жизни. Это сложный процесс проектирования, в котором необходимо учитывать все климатические факторы. Древняя постройка коренного народа Арктики представлена на рис. 1.



Рис. 1. Традиционное жилье коренного народа.

Смоляк А. В. Об одном древнем типе жилища на северо-востоке Азии // Сборник музея антропологии и этнографии. Вып. XVII, М.-Л., 1957, с. 5 – 21

Методы. Говоря об актуальности ее развития и еще не решенных проблемах, стоит сопоставить архитектуру и климат. Несмотря на значительное развитие, экстремальная среда остается сложной задачей. Чаще эти проблемы проявляются в отдаленных труднодоступных районах, что менее обжиты. К этим проблемам относят:

– воздействие экстремальной среды на психоэмоциональное состояние человека. На человека негативно влияют такие факторы, как изменение влажности воздуха, содержания кислорода, погодные условия. Архитектура здесь важна, она способна создать

не только место жизни, но и действительно безопасный, комфортный дом без негативных воздействий. Наиболее сложно соблюдать баланс функциональных решений, ограничений, накладываемых на экстремальную среду и комфортное пространство. Можно создать проекты для создания зимних садов, индивидуальных зон психологического благополучия, комнат для отдыха. Окружающая среда влияет на человека, а также на само здание. Для строительства и проектирования Арктики необходимо учитывать много факторов. Опасными являются грунты: вечномерзлые, карстовые и ледовые, которые отличаются от обыкновенных грунтов. Такие грунты неустойчивы, а стандартные проекты, такие как вырытые котлованы и фундаменты в Арктике неприемлемы. Наиболее распространенным является способ устройства системы из свайных фундаментов и опор под зданием. Опоры, которые поднимают здание, препятствуют поступлению тепла из нижнего этажа, позволяя проходить ветровым потокам под конструкцией, что сохраняет охлажденные вечные грунты. Применение такой системы можно наблюдать практически во всех зданиях, возведенных за полярным кругом;

– небольшое количество существующих дорог, что является недостаточным. Основная причина логистических затруднений в том, что обычные дороги сложно качественно обслуживать и поддерживать, ведь они не выдерживают климатических условий. Отсутствие дорог или плохое состояние имеющихся, это серьезная проблема при транспортировке строительных материалов. Но существуют альтернативные транспортные пути – морские или воздушные. Во многом, это одна из тех проблем, что существенно тормозит развитие и освоение как Арктики, так и ее архитектуры. Решением здесь должны стать не столько новые стандартные дороги, сколько специальные решения, которые позволят создать транспортные коридоры, приспособленные к местным условиям;

– новые архитектурные решения и идеи. Этот уникальный и суровый климат значительно отличается от привычной многим жизни в умеренном поясе. Стандартные проекты здесь не подходят, поэтому требуется разработка новых, которые могут быть реализованы в этом районе.

Результаты. На сегодняшний день идет развитие научно-исследовательских станций. Научно-исследовательская станция – это сооружение, которое состоит из капитальных или временных строений, там проводятся научные исследования и наблюдения ученых и приезжих, чаще всего осуществляющих вахтовый метод работы (7 – 14 дней). Данная станция может состоять из модульных объектов, которые осуществляют все процессы жизни. Она должна делиться на различные функциональные зоны, связанные между собой. Ученые смогут провести исследования в разных направлениях, в том числе наблюдения за климатом, исследования полярных ледников. Благодаря такому принципу расположения функциональных зон, станция приобретает идеальную схему для всех видов деятельности, так как все важные функции здания разделяются по своему назначению, но при этом взаимосвязаны друг с другом и имеют возможность прямого сообщения между корпусами.

Создание обтекаемой формы, значительный подъем здания над уровнем льда и устройство скосов в нижней части ограждающих конструкций позволит сохранить вечномерзлые грунты и направления ветра под здание для дополнительного охлаждения грунтов и уменьшения снеговых заносов. Скосы в верхних частях здания и расположение окон в наклонных плоскостях служат для увеличения поступления солнечной радиации в периоды неравномерной смены суток. Такое архитектурное решение показано на рис. 2.

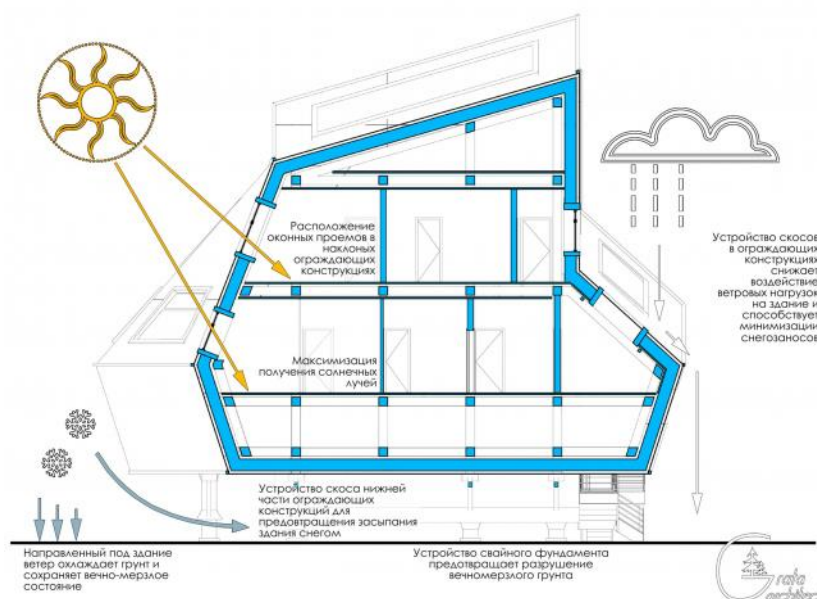


Рис. 2. Пример разреза научно-исследовательской станции.
Морозова А. Н., 2022 год (преддипломный анализ)

Обсуждение. Главный фактор, который влияет на развитие Арктики, – климат. Архитектура сильно зависит от качества жизни человека в этой области. Может быть, экстремальный климат останется основным фактором влияния, но архитектура арктического будущего, очевидно, найдет новые формы и идеи.

Выводы. Проектирование научных центров необходимо, без них невозможно изучить Арктический климат и окружающую среду и экономическое развитие Арктического региона. Данные станции будут являться не только условием для проведения научно-исследовательской деятельности и жилья работников, но и способствуют сохранению социальной и комфортной жизни, которая подразумевает все повседневные ритмы, психоэмоциональное состояние и досуг. Выявленные проблемы, которые связаны с суровым холодным климатом Арктического региона, можно использовать при формировании стратегии и комплексного плана развития Арктических зон Российской Федерации. Арктический климат способствует строительству научно-исследовательских станций, созданию и поддержанию необходимой инфраструктуры, направленных на решение проблемы комфортного присутствия человека в Арктике, включая арктическую архитектуру, ведь это уникальная экосистема, которая является ценностью для человечества. Поэтому так важно развивать и совершенствовать архитектуру Арктики.

Список источников

1. Смирнова, С. Н. Реализация архитектурно-планировочных принципов проектирования энергоэффективного жилья в традиционном жилище Севера России / С. Н. Смирнова // Интернет-вестник ВолгГАСУ. – 2013. – № 3(28). – С. 19.
2. Есмагамбетов, Т. У. Моделирование системы управления процессами экстренного реагирования при ЧС и пожарах / Т. У. Есмагамбетов, О. М. Шикунская // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. – № 4(38). – С. 123 – 129.
3. Курбатова, Ю. А. Проблемы моделирования эвакуации людей / Ю. А. Курбатова, А. П. Парфененко // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2020. – № 2(32). – С. 116 – 120.

4. Пешина, Э. В. Этапы и виды международного сотрудничества в Арктике / Э. В. Пешина, А. С. Захаров // Россия: тенденции и перспективы развития. – 2018. – № 132. – С. 625 – 630.
5. Путинцев, Э. П. Комплексная концепция северного градостроительства : дис. ... д-ра архитектуры / Э. П. Путинцев. – М. : РГБ, 2006, – 301с.
6. Савинова, В. Особенности проектирования и строительства в арктическом регионе / В. Савинова, М. М. Бродач // Здания высоких технологий. – 2018. – № 4. – С. 50 – 57.
7. Карманова, А. А. Экологические проблемы Российской Арктики / А. А. Карманова // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». – 2020. – № 4. – С. 4448.
8. Николаев, М. Е. Россия и третий Международный полярный год / М. Е. Николаев // Современная Европа. – 2006. – № 4(28). – С. 51 – 56.
9. Душкова, Д. О. Экология и здоровье человека: региональные исследования на европейском севере России / Д. О. Душкова, А. В. Евсеев. – М. : Географический факультет МГУ, 2011. – 192 с.
10. Благодетелева, О. М. Перспективы использования вахтовой формы организации труда в северных регионах России / О. М. Благодетелева // Актуальные проблемы, направления и механизмы развития производительных сил Севера – 2016 : материалы Пятого Всерос. науч. семинара (21 – 23 сентября 2016 г., Сыктывкар) : в 2 ч. – Сыктывкар : Коми республиканская типография, 2016. – Ч. I. – С. 157 – 164.
11. Бодрова, О. А. Особенности репрезентации визуальных аспектов культуры кольских саамов (на материале этнографических источников XVIII – начала XX вв.) / О. А. Бодрова // Вестник Кольского научного центра РАН. – 2013. – № 3(14). – С. 56 – 61.
12. Митько, А. В. Освоение Арктики: проблемы и решения / А. В. Митько // Neftegaz.RU. – 2019. – № 11.
13. О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года : указ Президента Российской Федерации от 26.10.2020 г. № 645 [Электронный ресурс] / Президент России. – URL : <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45972> (дата обращения: 01.11.2022).
14. Калеменева, Е. Какими могли быть арктические города [Электронный ресурс] / Е. Калеменева / Журнал Arzamas. – URL : <https://arzamas.academy/materials/1821> (дата обращения: 01.11.2022).
15. Чуклов, Н. С. Преемственность в объемно-планировочных элементах городов с контролируемым климатом в Заполярье [Электронный ресурс] / Н. С. Чуклов // Architecture and Modern Information Technologies. – 2019. – № 2(47). – С. 251 – 266. – URL : https://marhi.ru/AMIT/2019/2kvart19/PDF/16_chuklov.pdf (дата обращения: 05.11.2022).
16. Инновации в Арктике сегодня [Электронный ресурс]. – URL : <https://wearctic.ru/innovatsii-v-arktike-segodnya> (дата обращения: 6.11.2022).
17. Арктика: перспективы, инновации и развития регионов [Электронный ресурс] : Portnews на информационной волне : Шестой Междунар. Арктический саммит. – URL : <https://portnews.ru/announces/1668/> (дата обращения: 19.11.2022).
18. Худякова, С. В. Строительство в Арктике. Заметки и наблюдения. Архангельск: Техникум строительства и экономики / С. В. Худякова. – 2017. – URL : <https://ardexpert.ru/article/9417> (дата обращения: 03.12.2022).
19. Петухов, С. Население Российской Арктики сократилось за последние двадцать лет почти вдвое / С. Петухов // Коммерсант. – URL : <https://www.kommersant.ru/doc/3217148> (дата обращения: 10.12.2022).
20. Кузнецов, А. Е. Анализ факторов, влияющих на размещение вахтовых поселков в Арктике // Арктика и Север. – URL : http://aer.narfu.ru/upload/iblock/535/79_87.pdf (дата обращения: 20.01.2017).

21. Перевалова, Е. В. Мобильное жилище чукчей-оленьеводов: традиции и новации / Е. В. Перевалова, Д. А. Куканов // Уральский исторический вестник. – 2018. – № 3(60). – С. 40 – 49.
22. Grebmeier, J. M. Shifting Patterns of Life in the Pacific Arctic and Sub-Arctic Seas / J. M. Grebmeier // Ann. Rev. Mar. Sci. – 2012. – V. 4 – P. 63 – 78.
23. Cross, J. N. Innovative Technology Development for Arctic Exploration / J. N. Cross, Heather McRae Tabisola. M., C. Meinig // Conference paper: oceans. – 2015. – P. 9.
24. Joint Innovative Research Agenda for The Arctic: Programs, Projects, Success Stories / K. S. Zaikov, L. A. Zarubina, S. V. Popkova // Sustainable Economic Development: Challenges, Policies, and Reforms. – 2021. – V. 13, Is. 21.

References

1. Smirnova, S. N. Implementation of architectural and planning principles of designing energy-efficient housing in the traditional dwelling of the North of Russia / S. N. Smirnova // VolgGASU Internet Bulletin. – 2013. – No. 3(28). – P. 19.
2. Esmagambetov, T. U. Modeling of the management system of emergency response processes in emergencies and fires / T. U. Esmagambetov, O. M. Shikulskaya // Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Sea. – 2021. – No. 4(38). – P. 123 – 129.
3. Kurbatova, Yu. A. Problems of modeling evacuation of people / Yu. A. Kurbatova, A. P. Parfenenko // Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Sea. – 2020. – No. 2(32). – P. 116 – 120.
4. Peshina E. V., Zakharov A. S. Stages and types of international cooperation in the Arctic // Russia: trends and prospects of development. – 2018. – No. 132. – P. 625630.
5. Putintsev, E. P. Complex concept of northern urban planning // Diss. for the degree of the uch. art. doct. arch. – M. : RGB, 2006. – 301 p.
6. Savinova, V. Features of design and construction in the Arctic region / V. Savinova, M. M. Brodach // Buildings of high technologies. – 2018. – No. 4. – P. 50 – 57.
7. Karmanova, A. A. Psychological problems of the Russian article // International Journal of Applied Sciences and Technologies “Integral”. – 2020. – No. 4. – P. 4448.
8. Nikolaev M. E. Russia and the Third International Polar Year // Modern Europe. – 2006. – No. 4(28). – P. 5156.
9. Dushkova, D. O. Ecology and human health: regional studies in the European North of Russia / D. O. Dushkova, A. V. Evseev. – M. : Geographical Faculty of Moscow State University, 2011. – 192 p.
10. Blagodeteleva, O. M. Prospects of using the shift form of labor organization in the northern regions of Russia / O. M. Blagodeteleva // Actual problems, directions and mechanisms of development of the productive forces of the North – 2016 : Materials of the Fifth All-Russian Scientific Seminar (September 21 – 23, 2016, Syktyvkar): at 2 o'clock – Syktyvkar : Komi Republican Printing House, 2016. – Ch. I. – P. 157 – 164.
11. Bodrova, O. A. Features of the representation of visual aspects of the culture of the Kola Sami (based on ethnographic sources of the XVIII century – early XX centuries) / O. A. Bodrova // Bulletin of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. – 2013. – No. 3(14). – P. 56 – 61.
12. Mitko, A. V. Arctic development: problems and solutions // URL: . – 2019. – No. 11.
13. Decree of the President of the Russian Federation No. 645 of 10/26/2020 On the Strategy for the Development of the Arctic Zone of the Russian Federation and Ensuring National Security for the Period up to 2035 / President of Russia [Electronic resource]. – URL : <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45972> (accessed: 01.11.2022).
14. Kalemeneva, E. What could architectural mountains be / Arzamas Magazine [Electronic resource]. – URL : <https://arzamas.academy/materials/1821> (accessed: 01.11.2022).

15. Chuklov, N. S. Participation in the design work of mountains with a controlled climate in the Arctic // *Architecture and modern information technologies*. – 2019. – No. 2(47). – P. 251 – 266 [Electronic resource]. – URL : https://marhi.ru/AMIT/2019/2kvart19/PDF/16_chuklov.pdf (accessed 05.11.2022).
16. Innovations in the Arctic today. [Electronic resource]. – URL : <https://wearctic.ru/innovatsii-v-arktike-segodnya> (date of announcement 6.11.2022).
17. The sixth International Arctic Summit “The Arctic: Prospects, innovations and regional development”. [Electronic resource] : Portnovskaya information service. – URL : <https://portnews.ru/announces/1668/> (date of announcement 19.11.2022).
18. Khudyakova, S. V. Construction in the Arctic. Notes and observations. Arkhangelsk: Technical School of Construction and Economics, 2017. – URL : <https://ardexpert.ru/article/9417> (accessed 03.12.2022).
19. Petukhov, S. The population of the Russian arktika has recently halved // *Kommersant Magazine*. – URL : <https://www.kommersant.ru/doc/3217148> (date of application: 10.12.2022).
20. Kuznetsov, A. E. Analysis of factors affecting the placement of shift settlements in the Arctic. Electronic scientific journal “Arctic and North”. – URL : http://aer.narfu.ru/upload/iblock/535/79_87.pdf (accessed: 20.01.2017).
21. Perevalova, E. V. Mobile dwelling of Chukchi reindeer herders: traditions and innovations / E. V. Perevalova, D. A. Kukanov // *Ural Historical Bulletin*. – 2018. – No. 3(60). – P. 40 – 49.
22. Grebmeier, J. M. Shifting Patterns of Life in the Pacific Arctic and Sub-Arctic Seas / J. M. Grebmeier // *Ann. Rev. Mar. Sci.* – 2012. – V. 4 – P. 63 – 78.
23. Cross, J. N. Innovative Technology Development for ArcticExploration / J. N. Cross, Heather McRae Tabisola. M., C. Meinig // *Conferencepaper: oceans*. – 2015. – P. 9.
24. Joint Innovative Research Agenda for TheArctic: Programs, Projects, Success Stories / K. S. Zaikov, L. A. Zarubina, S. V. Popkova // *Sustainable Economic Development: Challenges, Policies, and Reforms*. – 2021. – V. 13, Is. 21.

Е. В. Новичков, студент, **Я. А. Аверин**, студент, **С. Ю. Неверова**, студент
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ГЕНЕРАЦИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ЖИЛИЩНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ЗАДАЧАХ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. Настоящая работа дает краткий обзор существующих алгоритмов генерации жилищных комплексов. Рассматривается возможная реализация алгоритма генерации реалистичных моделей зданий.

Ключевые слова: алгоритмы генерации, строительство, моделирование зданий.

E. V. Novichkov, Student, **Ya. A. Averin**, Student, **S. Yu. Neverova**, Student
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

AUTOMATIC GENERATION OF VIRTUAL HOUSING COMPLEXES IN CONSTRUCTION PRODUCTION TASKS

Abstract. This paper gives a brief overview of the existing algorithms for generating housing estates. A possible implementation of the algorithm for generating realistic building models is considered.

Keywords: generation algorithms, construction, building modeling.

Цифровые технологии плотно вплелись в современное строительство на многих уровнях: компьютерное моделирование нагрузок и воздействий на части зданий, расчеты ветровой аэродинамики жилищных комплексов, моделирование взаимодействия сооружения с грунтом и т.д.

В настоящей работе рассматривается использование современных цифровых технологий и инструментов моделирования при проектировании жилищных комплексов. На данный момент существует несколько программных решений для генерации городской застройки, таких как Autodesk Forma (бывший Spacemaker), Mastermind, Digital Blue Foam, PIK-Digital и другие. И хотя данные программы прекрасно справляются с генерацией базовых макетов зданий и способны автоматически располагать блочные модели сооружений, результат работы существующих генераторов трудно назвать высокодетализированными (рис. 1).



Рис. 1. Примеры сгенерированных моделей:

a – в программе Digital Foam Blue; *б* – в программе Autodesk Form

Однако для задач строительства нужно создавать высокодетализированные модели, например, в целях маркетинга. Помимо маркетинга высокодетализированные модели можно использовать вместе с технологиями виртуальной реальности для демонстрации заказчику или инвестору проекта, что позволит наглядно оценить и получить наиболее полную информацию об объекте, почувствовать объем и масштабы будущего объекта, фактически побывать внутри здания, еще до его строительства. Для создания реалистичного виртуального макета микрорайона пришлось бы моделировать каждое здание по отдельности, что, в свою очередь, повышает затраты по времени на создание демонстрационных и маркетинговых изображений. Чаще всего модели зданий просто копируются и минимально изменяются, для того чтобы повторяющиеся детали не бросались в глаза.

Целью данной работы является создание алгоритма на базе Blender, который бы позволил генерировать виртуальные модели зданий на основе входного набора базовых составных частей (подъездов, различных вариантов стен) и входных параметров (высота, длина и ширина здания, частота подъездов).

Blender – это среда для создания трехмерной компьютерной графики, поддерживающая сложные манипуляции над геометрией виртуальных объектов через математические и логические операции, с помощью системы геометрических узлов, представляющих собой блоки с различными операциями над геометрией виртуальных объектов (рис. 2).

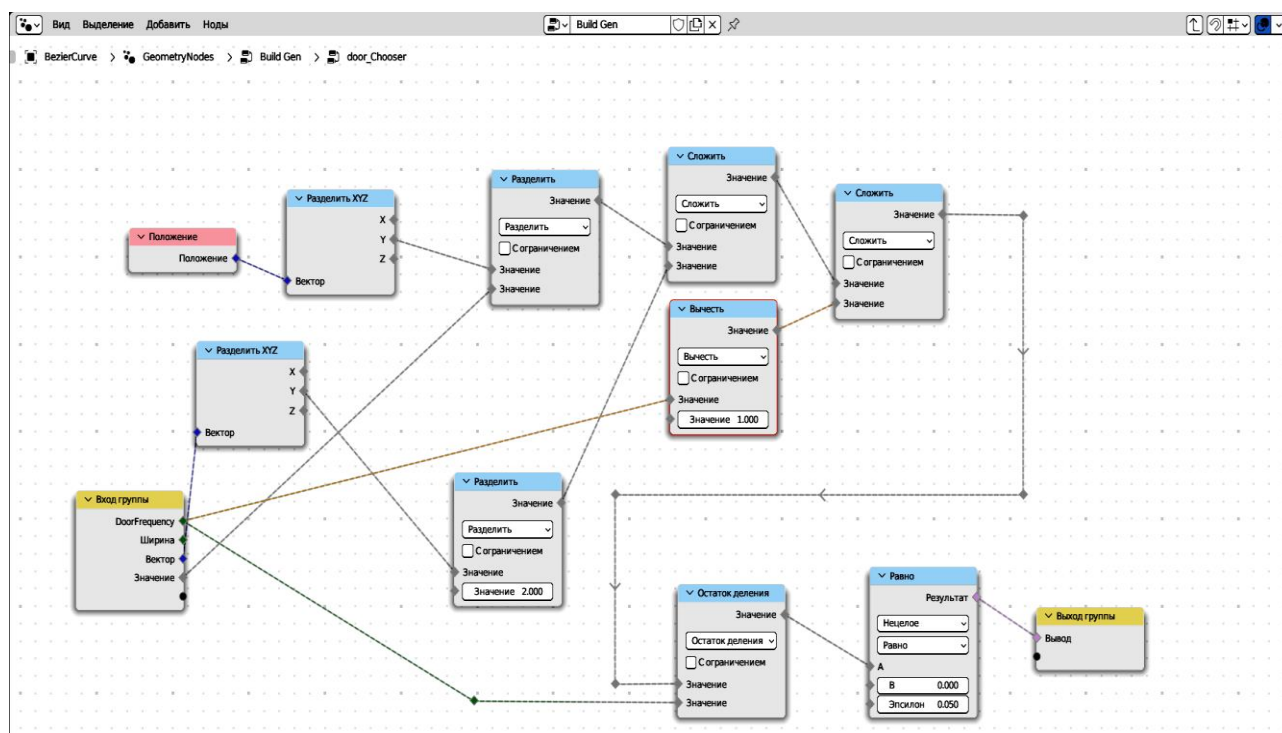


Рис. 2. Внешний вид последовательности блоков-операций, на примере модуля итогового алгоритма

Итоговый алгоритм является последовательностью блоков-операций, которая способна сгенерировать здание прямоугольной формы с использованием небольшого набора базовых элементов и параметров здания.

Принцип работы алгоритма состоит в следующем: на основе введенных пользователем параметров итогового здания и стандартных размеров базового элемента здания создается прямоугольный параллелепипед и разбивается на панели. После чего с помощью векторного сравнения определяется ряд, столбец и направление нормали для каждой панели здания (угловые пары панелей считаются за один элемент). На основе рассчитанных данных каждой панели присваивается тип базового элемента и из вариантов данного типа случайным образом выбирается один определенный. Для демонстрации работы был создан набор базовых элементов здания советской панельной застройки. Итоговый кластер элементов объединяется в одну трехмерную модель, готовую к использованию в Blender или других программах для трехмерного моделирования. На рисунках показаны результаты работы алгоритма при разных вводных данных.

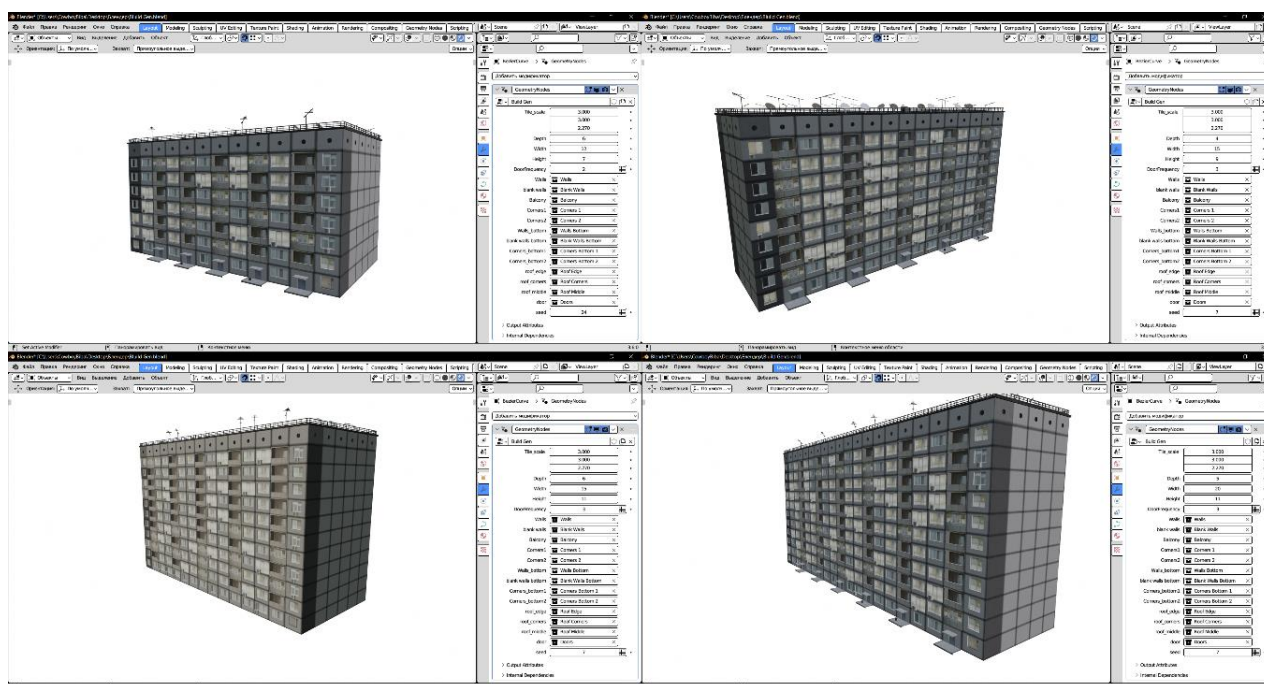


Рис. 3. Примеры работы алгоритма при разных входных данных

В ходе данной работы был разработан алгоритм генерации зданий на основе базовых элементов. С помощью данного алгоритма можно сгенерировать трехмерную модель здания, готовую для дальнейшего использования. Таким образом можно быстро сгенерировать реалистичные здания для задач строительства.

Список источников

1. Травуш, В. И. Цифровые технологии в строительстве / В. И. Травуш // Academia. Архитектура и строительство. – 2018. – № 3. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovyye-tehnologii-v-stroitelstve> (дата обращения: 29.06.2023).
2. Корнева, Е. Р. Технологии виртуальной реальности в строительном проектировании / Е. Р. Корнева, И. С. Сусоев // Вопросы науки и образования. – 2016. – № 1. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-virtualnoy-realnosti-v-stroitelnom-proektirovanii> (дата обращения: 29.06.2023).

3. Чеботов, Н. А. Генерация ландшафта с применением алгоритма шума Перлина в среде разработки Unity / Н. А. Чеботов, А. Д. Обухов, М. А. Иванов // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн. – 2021. – С. 82 – 87.
4. Obukhov, A. D. Neural network method for automatic data generation in adaptive information systems / A. D. Obukhov, M. N. Krasnyanskiy // Neural Computing and Applications. – 2021. – Т. 33. – No. 22. – P. 15457 – 15479.

References

1. Travush Vladimir Ilyich Digital Technologies in Construction // Academia. Architecture and Construction. – 2018. – No. 3. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-tehnologii-v-stroitelstve> (date of the application: 29.06.2023).
2. Korneva Elena Romanovna, Susoev Igor Sergeevich Virtual reality technologies in building design // Problems of science and education. 2016. No. 1. URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-virtualnoy-realnosti-v-stroitelnom-proektirovanii> (date of the application: 29.06.2023).
3. Chebotov N. A., Obukhov A. D., Ivanov M. A. Landscape generation using the Perlin noise algorithm in the Unity development environment // Virtual modeling, prototyping and industrial design. – 2021. – P. 82 – 87.
4. Obukhov, A. D. Neural network method for automatic data generation in adaptive information systems / A. D. Obukhov, M. N. Krasnyanskiy // Neural Computing and Applications. – 2021. – Т. 33. – No. 22. – P. 15457 – 15479.

М. А. Улыбина, студент магистратуры,
М. В. Долженкова, канд. техн. наук, доцент
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

КОНЦЕПЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ И РЕНОВАЦИИ ТАМБОВСКОГО СПИРТЗАВОДА НА АНДРЕЕВСКОЙ

Аннотация. Рассмотрены примеры экологической реконструкции. Представлена возможность ревитализации зданий и прилегающих территорий. Выявлено несколько направлений, методов и приемов адаптации промышленных зон в Тамбове.

Ключевые слова: экологичная реконструкция, реставрация, ревитализация здания.

M. A. Ulybina, Graduate Student,
M. V. Dolzhenkova, Ph. D. Sc., Associate Professor
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

THE CONCEPT OF ECOLOGICAL RECONSTRUCTION AND RENOVATION OF THE TAMBOV DISTILLERY ON ANDREEVSKAYA

Abstract. The article considers examples of ecological reconstruction. The possibility of revitalizing buildings and adjacent territories is presented. Several directions, methods and techniques of adaptation of industrial zones in Tambov have been identified.

Keywords: eco-friendly reconstruction, restoration, revitalization of the building.

Экологичная реконструкция и реставрация – это изменение существующего того или иного неэкологичного объекта и его окружающей среды в состояние экологичности с окружающей природной и городской средой.

Со времен индустриализации Российской Империи, заводы и фабрики строились на окраинах города, тем самым многие из них занимали большие территории, образуя промышленные зоны. Спустя время развивались города и вокруг промышленных зон образовывались жилые районы. На настоящее время промышленные предприятия «увядают», оставляя после себя большое количество заброшенных и неиспользуемых территорий в центральных районах, за заборами которых остаются и разрушаются от времени здания, но представляют собой значительную историческую ценность для города и страны.

Чем интересны промышленные зоны? Территории заброшенных заводов в перспективе можно превратить в развитые пространства, ревитализировав здание и его прилегающую территорию. Развитые пространства подразумевают собой: выставочные, офисные и молодежные центры, творческие пространства, разрешается размещать жилые апартаменты в современном стиле лофт, площадки для досуга и многое другое. Подобная экологическая реновация поможет увеличить объем внутреннего туризма в регионе.

Экологическая реконструкция, ревитализация и ее процессы. В настоящее время понятие ревитализации представляет собой преобразование объектов и их пространств, утративших свою первоначальную функцию, но при этом имеющих историческую ценность, не позволяющую их уничтожать.

Большой популярностью пользуется реставрация недействующих промышленных комплексов, расположенных в центре города. В таких случаях рассматривается реконструкция промышленной архитектуры и ее прилегающей территории с изменением дальнейших функций. Например, переоборудование промышленных пространств под общественные помещения [1].

Основной принцип ревитализации и экологической реставрации заключается в раскрытии новых возможностей старых построек со своей историей. В эти процессы входят: сохранение памяти места, реконструкция и изменение функций промышленных сооружений, разработка инфраструктуры и социализация пространств, забота об экологии и развитие туристической инфраструктуры впоследствии.

Отечественные примеры экологической реставрации заводов и их территорий. Самым взрывным стал проект лофт-квартала Studio. Район, где расположен участок, со своим характером и историей был еще и весьма перспективным с экономической точки зрения – хорошее положение в городе, рядом с уже существующим крупным жилым небоскребом «Триумф-Палас». Помимо изначально интересной задачи, которую ставила перед нами сама ситуация и окружение, в этом проекте нас заинтересовала позиция заказчика. Это был период, когда он сформулировал концепцию «живи и работай». Мысль о том, чтобы в одном районе сосредоточить жилье и места приложения труда понравилась девелоперу, и он стал активно внедрять ее в практику. Лофт стилистика и промышленное прошлое площадки добавляло месту особой романтики (рис. 1). Проект стал позиционироваться как место для молодых и активных людей, художников, музыкантов, творческой интеллигенции [1].



Рис. 1. Реновация промышленной территории под лофт-квартал апартаментов Studio

Еще один яркий пример экологической реставрации промышленного объекта и его территории – Немецкая мельница в Константиновке, Саратовская область. На данном этапе реализуется первая часть этого проекта, предполагающая собой восстановление существующих зданий. Проект охватывает огромную территорию, из которой половина дюжины гектаров располагаются на береговой линии Волги с различными перепадами рельефа. Проект мельницы планируют реализовывать до 2025 года.

«Мельница Шмидта» – это уникальный бизнес-квартал, который возводится на территории старинной фабрики русских промышленников, братьев Шмидт (рис. 2). Это проект с несколькими зданиями, объединенными единой концепцией и стилистическими решениями. Его особенность в том, что старинные постройки будут сохранены максимально бережно, а современные – гармонично «впишутся» в общий архитектурный облик. Одним из главных достоинств проекта является выгодное расположение на первой береговой линии Волги и рядом с улицей Чернышевского – одной из ключевых транспортных артерий города. Концепция проекта позволяет жить, работать и отдыхать в одном месте (рис. 3). Офисные здания, апартаменты для постоянного проживания, гостиница для бизнес-партнеров, рестораны высокого класса для ланчей и деловых переговоров, торговые галереи, причал для яхт – все необходимое сосредоточено на одной территории [2].

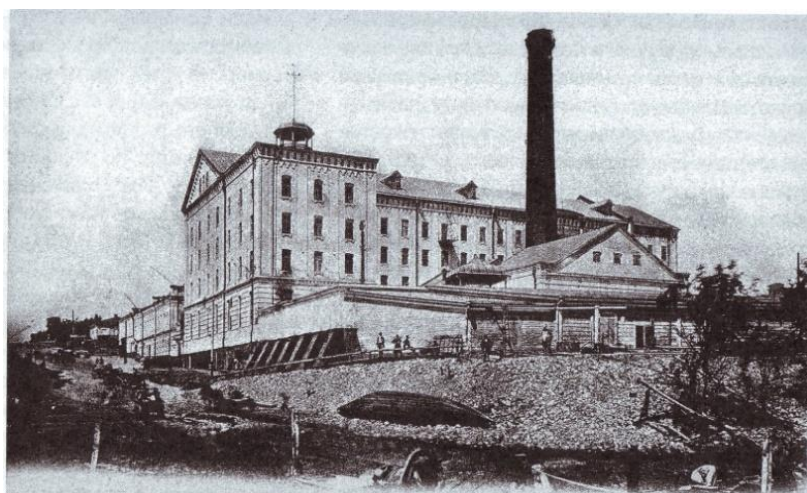


Рис. 2. Саратовская область, промышленная мельница-Шмидта, снимок был сделан после 1899 года



**Рис. 3. Проект экологической реставрации промышленного объекта и его территории –
Немецкая мельница в Константиновке, Саратовская область**

Промышленная зона и история Тамбовского спиртзавода на ул. Андреевская. В южной части Тамбова, на улице Андреевская 23, недалеко от реки Цна, расположен ряд старинных зданий – спиртоводочное предприятие. В 1891 году на данном месте располагалась территория свечного завода Тамбовской епархии. А в 1904 году начали строительство нового здания из красного кирпича.

В начале 1920-х годов бывший епархиальный свечной завод функционировал как Тамбовский завод «Пчела». В 1927 году в помещениях бывшего свечного завода было налажено производство спиртоводочной продукции. В настоящее время промышленный комплекс зданий не эксплуатируется (рис.4).

Благодаря удачным примерам экологической реставрации на сегодняшний день можно обеспечить вторую жизнь промышленной зоне в г. Тамбов, а именно создание общественного комплекса, оживление городской среды, раскрытие новых возможностей и реновация старых архитектурных форм, которая включает в себя тщательную проработку (рис. 5).



Рис. 4. Спиртоводочное предприятие в г. Тамбов, здание ОКН



Рис. 5. Концепция реставрации и реновации Тамбовского спиртзавода на Андреевской

Экологическая реставрация промышленных территорий актуальна для многих городов Российской Федерации, как и для нашего города. На территории Тамбова находятся здания бывших фабрик и заводов, которые сегодня пребывают в крайне запущенном состоянии. Идея создания чего-то нового, переосмысления промышленных зданий, приведет к притоку туристов, средств.

Выявлено несколько направлений, методов и приемов адаптации промышленных зон в Тамбове. Это можно видеть в вышеприведенных примерах отечественного архитектурного проектирования, градостроительства и реновации. Будущее промышленной архитектуры заключается в ее приспособлении к стремительно развивающимся технологиям, что достигается реконструкцией промышленных объектов, или заменой функционального назначения. А различные архитектурные приемы позволяют адаптировать и гармонизировать промышленные объекты к структуре развивающегося современного города.

Список источников

1. Мы и сами не ожидали, что редевелопмент промзон окажется таким интересным направлением // Archi.ru. – URL : <https://archi.ru/russia/62073/sergei-trukhanov-my-i-sami-ne-ozhidali-chto-redevelopment-promzon-okazhetsya-takim-interesnym-napravleniem> (дата обращения: 24.06.2023).
2. Лофт-квартал «Мельница Шмидта», Саратов, Россия // REDEVELOPER. – URL : <https://redeveloper.ru/redeveloperskie-proekty/concept/loft-kvartal-melnitsa-shmidta-saratov-rossiya> (дата обращения: 24.06.2023).

References

1. We ourselves did not expect that the redevelopment of the industrial zone would turn out to be such an interesting direction // Archi.ru. – URL : <https://archi.ru/russia/62073/sergei-trukhanov-my-i-sami-ne-ozhidali-chto-redevelopment-promzon-okazhetsya-takim-interesnym-napravleniem> (accessed: 06/24/2023).
2. Loft quarter “Schmidt's Mill”, Saratov, Russia // REDEVELOPER. – URL : <https://redeveloper.ru/redeveloperskie-proekty/concept/loft-kvartal-melnitsa-shmidta-saratov-rossiya> (accessed: 06/24/2023).

2. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭКОЛОГИЧНОГО, БЕЗОПАСНОГО И УСТОЙЧИВОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 004.896

ББК 20.17

В. Д. Аверченкова, студент, **А. В. Козачек**, канд. пед. наук, доцент, зав. кафедрой
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОМ СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Аннотация. В данной статье перечисляются сельскохозяйственные роботы, которые используются для уничтожения сорняков с малым количеством гербицидов или без их использования, анализа и точного внесения удобрений в почву, профилактики растений от болезней. Также здесь описываются беспилотные летательные аппараты для сельского хозяйства и пример их использования.

Ключевые слова: сельское хозяйство, сельскохозяйственный робот, прополка, внесение минеральных удобрений, защита от болезней, беспилотные летательные аппараты.

V. D. Averchenkova, Student, **A. V. Kozachek**, Candidate of Pedagogical Sciences,
Associate Professor, Head of the Department
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

THE PRACTICE OF USING INDIVIDUAL ROBOTIC SYSTEMS IN ECOLOGICALLY SAFE AGRICULTURE

Abstract. In this article lists agricultural robots that are used to destroy weeds with a small amount of herbicides or without their use, analyze and accurately apply fertilizers to the soil, prevent plants from diseases. It also describes unmanned aerial vehicles for farming and an example of their use.

Keywords: farming, agricultural robot, weeding, application of mineral fertilizers, protection from diseases, unmanned aerial vehicles.

Потребность в питании удовлетворяется в основном благодаря сельскому хозяйству, без него цивилизация не могла бы комфортно существовать. Но оно требует автоматизированного и механизированного мониторинга, так как оно также наносит вред природной среде. Примером может служить применение пестицидов и гербицидов. Чрезмерное внесение в почву данных веществ приводит к тому, что они смываются в водоемы и загрязняют их. Пестициды разлагаются очень медленно, из-за чего они накапливаются в тканях организма, что угрожает здоровью человека [1]. Но, в связи со стремительным ростом населения, их количество увеличивается с целью увеличения объема сельскохозяйственной продукции.

Также агроботы могут быть использованы для контроля обеспеченности сельскохозяйственных территорий водными ресурсами. Данный показатель важен для развития сельских территорий [2].

Для того чтобы минимизировать негативное влияние, необходима автоматизация и механизация сельского хозяйства, которые компенсируют недостатки основных методов защиты растений. В данной ситуации применимо использование координационного, или точного, земледелия. Здесь защита растений производится сельскохозяйственными роботами.

Сельскохозяйственный робот – аппарат, который по заранее заданной программе выполняет различные сельскохозяйственные задачи механическим способом [3].

Прополка пропашных культур, лугов и промежуточных культур производится сельскохозяйственными роботами следующими способами.

В первом случае используется микровпрыскивание. Примером может служить легкий робот-пропольщик Ecorobotix, разработанный швейцарской компанией (рис. 1). Данная машина в отличие от остальных имеет легкую массу (примерно 130 килограммов), что позволяет довести до минимума нагрузку на землю. Благодаря солнечным батареям, она способна работать до 12 часов в день. При этом для управления не требуется человек-оператор. С помощью сложных систем камер он определяет сорняки и впрыскивает на них малую дозу гербицидов, объемом на 90% меньше обычно используемого при традиционной обработке. При этом, такой способ прополки обходится дешевле на 30%. Такой робот даже в пасмурную погоду в автономном режиме способен обрабатывать 3 гектара земли в день. В зависимости от густоты сорняков, Ecorobotix настраивает свою скорость, поэтому вполне подходит для использования на полях с низким и умеренным уровнем концентрации [4].



Рис. 1. Робот-пропольщик Ecorobotix [4]

В другом случае вообще не используются гербициды, то есть сорняки уничтожаются механическими способами. Так, в Сиднейском университете, был разработан автономный многофункциональный робот «Ladybird», предназначенный в основном для прополки грядок и уборки сорняков (рис. 2). Он содержит в себе сенсоры, манипуляторы, которые позволяют взаимодействовать гибко с посевами, и коммуникационное оборудование. Маневренность обеспечивается конструкцией колес, которые могут быть независимо направленными в любую сторону, тем самым позволяя переехать из одного ряда в другой. Данный робот обеспечивается энергией за счет солнечных батарей, которые преобразуют получаемую энергию и создают защиту прямых солнечных лучей, позволяя лучше распознавать культурные растения [5].



Рис. 2. Робот «Ladybird» [5]

Внесение минеральных удобрений в почву обеспечивает сельскохозяйственным растениям все питательные вещества. Однако чрезмерное и неравномерное их внесение может не только нанести вред природе. В половине случаев это не обеспечивает хороший урожай, а только препятствует полноценному развитию растений. Поэтому предпочтительно вносить их на том районе грядки, где это необходимо, но при этом обязательно проводить исследование почвы, однако это является довольно долгим и сложным процессом. Так, в статье [6] описывается пример анализа содержания на пашне содержания кальция. Сначала в разных концах исследуемой территории осуществляется выборка пробы. После этого, образцы отправляют в лабораторию: там, при помощи специальных химических растворов определяют по химическим реакциям абсолютное и относительное содержание кальция. Минусом данного способа является то, что даже для определения одного химического элемента все равно потребуются высококвалифицированный работник и наличие лаборатории современного типа. Кроме этого, если исследовать содержание в почве нескольких видов веществ, то в данном случае такой метод вызывает трудности и занимает много времени.

Такая проблема может быть решаемая при помощи роботов. Так, в статье [6] предлагается применение специального мобильного робота, который будет оперативно определять основные почвенные параметры, т.е. вычислить: какое количество и в какую область поля или грядки нужно внести минеральные удобрения, которые соответствуют типу почвы. Точное определение минеральных веществ в почве и организованная диагностика всей пашни конкретного производства позволяют сэкономить не только время получения информации, но и средства, которые тратятся на химические вещества, применяемые для удобрения.

Для такой же задачи американской компанией Rogo Ag LL был разработан робот SmartCore (рис. 3). Он перемещается по полям под управлением алгоритмов обнаружения препятствий и усовершенствованным алгоритмам GPS, который определяет местоположение с точностью до 30 см. Данный робот собирает почвенные пробы строго из назначенных участков для того, чтобы сформировать точную карту для дифференцированного внесения удобрений. После этого, он упаковывает взятый образец, и отправляет его на край исследуемого поля. Оттуда проба отправляется на экспертизу в лабораторию. SmartCore работает быстрее человека в два раза, и экстремальные условия не мешают ему выполнять свою работу [4].



Рис. 3. Автоматизированный сборщик почвенных образцов SmartCore [4]

Роботы также позволяют сэкономить на химических препаратах для лечения растений. Так, многофункциональный робот Thorvald (рис. 4), созданный по проектам британско-норвежского стартапа Saga Robotics, производит защиту растений клубники и винограда от мучнистой росы с помощью еженедельной УФ-обработки. Данный метод является весьма эффективным и позволяет снижать расходы на фунгициды и уменьшать потери продукции [4].



Рис. 4. Многофункциональный робот Thorvald [4]

В сельском хозяйстве большое применение также находят сельскохозяйственные беспилотные летательные аппараты (БПЛА), или по-другому агродроны. В настоящее время они помогают:

- делать карты и планы в электронном виде земель для обработки, а также обновлять их;
- создавать учет сельскохозяйственных пашен;
- планировать посевные работы;
- проводить охрану животных, применяемых в сельском хозяйстве;
- проводить контроль проведения качественной работы на полях и проверять состояние посевных культур;
- следить за стадом на пастбищах и учет животных;
- оценивать всхожесть сельскохозяйственных культур;
- прогнозировать урожай;
- выявлять болезни растений и животных [7].

Примером такого агродрона может служить БПЛА вертолетного типа Х6М2 (рис. 5). Он способен находиться 1 час в воздухе на максимальной высоте 500 м, имея в себе массу взлета 8,5 кг и полезную нагрузку до 1 кг. Х6М2 применяется для картографирования, а также для поиска и слежения за объектами в статичном и подвижном состоянии. Такой БПЛА имеет встроенный автопилот и автоматический план полетного задания, благодаря чему полностью исключается человеческий фактор [8].



Рис. 5. БПЛА вертолетного типа Х6М2 [8]

Другим примером является агродрон самолетного типа фирмы Zala Aero Group (рис. 6), используемый для наблюдения с воздуха. Он содержит в себе датчики для измерения влажности, тока и температуры. Также, для защиты при приземлении груза предусмотрен воздушный амортизатор. Такой БПЛА может находиться в воздухе более 4 часов на максимальной высоте 3600 м, пролетая за это время расстояние до 50 км [8].



Рис. 6. БПЛА самолетного типа Zala [8]

Статья [9] описывает, как с помощью таких БПЛА осуществить цифровизацию выращивания хлопчатника. Они активно внедряются и используются за рубежом, особенно в США. Так, компания Skycision из Питтсбурга разработала для агродронов специальное программное приложение под названием «Doctor of plant medicine». Оно позволяет проводить диагностику болезни и вовремя обнаруживать вредителей, вредящих сельскохозяйственным культурам. Кроме этого, БПЛА позволяют создавать диагностические карты различных видов, определять концентрацию азота, делать счет всходов, проводить мониторинг состояния культур по количеству влаги в растениях, контролировать и планировать урожай и так далее. Мониторинг полей хлопчатниковых полей делается в следующем. Сначала выявляют болезни на посевах и определяют их распространение при помощи спектральных камер, потом производится поиск более эффективных решений для внесения средств, защищающих растения. После этого, поля, пораженные болезнями, обрабатываются точечным методом при помощи агродронов, которые содержат в себе баки, объемом от 10 до 20 литров и содержащие в себе жидкие средства, защищающие растения. Такой метод позволяет на 50...70% сэкономить химические вещества, применяемые для обработки полей.

Таким образом, роботы дают возможность минимизировать ущерб, который наносится окружающей среде. Например, при прополке полей и грядок применяется впрыскивание малого количества гербицидов, или удаление сорняков производится механизированными устройствами. Равномерное внесение удобрений при помощи роботов позволяет повысить урожайность, и при этом сохранять природную среду.

Список источников

1. Шибаков, Н. А. Сельское хозяйство как фактор загрязнения окружающей среды / Н. А. Шибаков // Современная наука: актуальные проблемы, достижения и инновации : сб. ст. по материалам II Всерос. науч.-практ. конф., г. Самара, 21 апреля 2021 года. – Самара : Самарский государственный технический университет, 2021. – С. 438 – 441.
2. Буковский, М. Е. Разработка методики оценки обеспеченности сельских территорий ресурсами речного стока и ее применение / М. Е. Буковский, М. А. Чернова // Вестник ВГУ, Серия: География. Геоэкология. – 2024. – № 2. – С. 63 – 71.
3. Плаксин, И. Е. Анализ применения автоматизированных и роботизированных комплексов в сельском хозяйстве / И. Е. Плаксин, А. В. Трифонов, С. И. Плаксин // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2018. – № 4(97). – С. 73 – 83.
4. 12 революционных роботов в сельском хозяйстве. – URL : <https://svoefermerstvo.ru/svoemedia/articles/12-revoljucionnyh-robotov-v-sel-skomhozjajstve> (дата обращения: 28.06.2023).
5. Шамаева, И. И. Роботизированные системы для безгербицидной обработки сельскохозяйственных растений / И. И. Шамаева, А. Г. Королева // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых : сб. науч. ст. XI Междунар. молодежной науч. конф., Курск, 10–11 ноября 2022 года. – 2022. – Т. 4. – Курск : Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 513 – 517.
6. Бакиров, С. М. Актуальность разработки робота-исследователя параметров почвы / С. М. Бакиров, Д. В. Митрофанов ; под общ. ред. В. А. Трушкина // Актуальные проблемы энергетики АПК : материалы X национ. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Саратов, 22 апр. 2019 г. – Саратов : ООО «Центр социальных агроинноваций СГАУ», 2019. – С. 28 – 31.
7. Вторый, В. Ф. Перспективы экологического мониторинга сельскохозяйственных объектов с использованием беспилотных летательных аппаратов / В. Ф. Вторый, С. В. Вторый // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2017. – № 92. – С. 158 – 166.
8. Небесные помощники: обзор беспилотных летательных аппаратов для сельского хозяйства. – 2018. – URL : <https://agbztech.ru/article/heavenlyhelpers-an-overview-of-unmanned-aerial-vehicles-for-agriculture/> (дата обращения: 28.06.2023).
9. Абрамов, В. И. Цифровизация выращивания хлопчатника с использованием агродронов / В. И. Абрамов, Д. М. Михайлов, Н. М. Золотых // Современное состояние и приоритетные направления развития аграрного образования и экономики предприятий : материалы Междунар. науч.-практ. конф., пос. Персиановский, 10 фев. 2021 года. – пос. Персиановский : ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет», 2021. – С. 178 – 184.

С. М. Ведищев¹, д-р техн. наук, профессор,

А. В. Прохоров¹, канд. техн. наук, доцент,

Е. Б. Ложкина^{1,2}, аспирант, **А. Ю. Конев¹**, аспирант,

А. И. Кадомцев¹, старший преподаватель

¹Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия);

²Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве (Тамбов, Россия)

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ МОБИЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА

Аннотация. Представлен кормораздатчик на мобильной электромеханической платформе на пневматических колесах ограниченной мобильности. Обоснованы условия обеспечения технологических показателей качества работы кормораздатчика от параметров мобильной платформы.

Ключевые слова: кормораздатчик, производительность, скорость, мобильная платформа.

S. M. Vedishchev¹, Doctor of Technical Sciences, Professor,

A. V. Prokhorov¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,

E. B. Lozhkin^{1,2}, postgraduate student, **A. Yu. Konev¹**, postgraduate student,

A. I. Kadomtsev¹, Senior lecturer

¹Tambov State Technical University (Tambov, Russia);

²The All-Russian Scientific Research and Design Technology Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture (Tambov, Russia)

ELECTROMECHANICAL MOBILE PLATFORM

Abstract. A feed dispenser on a mobile electromechanical platform on pneumatic wheels of limited mobility is presented. The conditions for ensuring technological indicators of the quality of the feed dispenser from the parameters of the mobile platform are substantiated.

Keywords: feed dispenser, performance, speed, mobile platform.

Введение. Раздача кормосмесей животным – заключительный процесс в их кормлении. Как правило, количество выдаваемого корма животному определяется управлением соответствующего выгрузного дозирующего органа [1, 2, 5, 6].

Кормораздатчики, выпускаемые серийно, перемещаются по рельсовым направляющим, соединяющим основные и вспомогательные помещения на животноводческой ферме. Такая схема раздачи кормовых смесей животным не позволяет кормораздатчикам перемещаться за пределы животноводческой фермы [2, 4].

Материалы и методы. Применение в составе кормораздатчика мобильной электромеханической платформы (рис. 1) позволяет снизить стоимость изготовления и монтажа линии кормораздачи и расширить функциональные возможности кормораздающего оборудования [1 – 3]. Количество выдаваемой в кормушку кормовой смеси может изменяться как за счет настройки дозирующего органа, так и за счет скорости перемещения мобильной платформы вдоль непрерывного ряда кормушек [2, 4, 6].

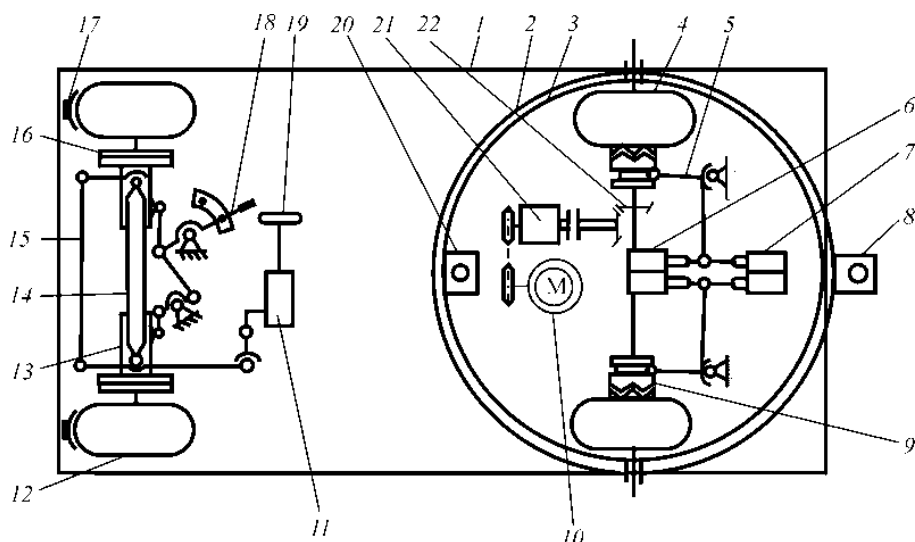


Рис. 1. Схема мобильной электромеханической платформы:

1 – рама; 2 – нижний диск; 3 – верхний диск; 4 – ведущие колеса; 5 – системы рычагов;
 6 – электромагниты рабочего хода; 7 – электромагниты холостого хода; 8 – прицепное устройство;
 9 – муфты сцепления; 10 – электропривод; 11 – рулевая колонка; 12 – ведомые колеса; 13 – ползуны;
 14 – мост; 15 – рулевая трапеция; 16 – цапфы; 17 – тормоз; 18 – фиксирующий рычаг;
 19 – рулевое колесо; 20 – фиксатор; 21 – коробка; 22 – дифференциал

Линейную плотность корма, q_m (кг/м), определяющую норму выдачи, находят по формуле [5]:

$$q_m = \frac{q_p m}{L_k}, \quad (1)$$

где q_p – количество корма, выдаваемое одному животному за одну раздачу, кг; m – количество животных на одно кормоместо, гол; L_k – длина кормоместа, м.

Исходя из технической характеристики кормораздатчика линейную плотность корма можно определить [5]:

$$q_m = \frac{Q_{\Pi}}{V_{\text{агр}} K_6}, \quad (2)$$

где Q_{Π} – производительность дозирующего органа, кг/с; $V_{\text{агр}}$ – скорость перемещения кормораздатчика вдоль линии кормления, м/с; K_6 – коэффициент буксования.

Скорость перемещения кормораздатчика определяется частотой вращения привода, передаточным отношением трансмиссии и радиусом качения колеса [6]:

$$V_{\text{агр}} = \frac{0,377 r_k n_d}{i_{\text{тр}}}, \quad (3)$$

где r_k – радиус качения колеса, м; n_d – частота вращения двигателя, с^{-1} ; $i_{\text{тр}}$ – передаточное число трансмиссии.

Подставим (3) в (2) и, приравняв (2) с (1), выразим q_p :

$$q_p = \frac{Q_{\Pi} L_k i_{\text{тр}}}{0,377 n_d r_k K_6 m}. \quad (4)$$

Пневматическая шина подвержена деформации. Ее размеры изменяются в зависимости от давления в пневматической шине, нагрузки и ряда других параметров.

Результаты и обсуждение. Радиус качения пневматического колеса необходимо учитывать при определении действительной скорости мобильной платформы. Изменяющаяся масса корма в кормораздатчике при раздаче в кормушки изменяет радиус качения колеса, а также количество корма, выдаваемого в групповую или непрерывную кормушку.

Экспериментальная установка изучения изменения радиуса качения колеса от вертикальной нагрузки состоит из мобильной электромеханической платформы (рис. 2), опирающейся колесом 1 на рычаг 2, связанный с весовым устройством 3.

После тарировки мобильная платформа на пневматических колесах устанавливалась на рычаг и в зависимости от давления в шине и величины нагрузки фиксировали изменение радиуса качения пневматической шины (табл. 1).

1. Факторы и уровни их варьирования, критерии оценки

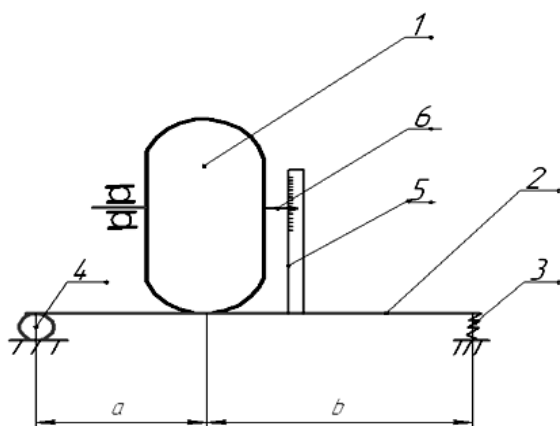
Параметры	Уровни варьирования факторов	Критерии оценки
Давление в шине, P , МПа	0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25	Радиус качения, r_k , м
Вертикальная нагрузка на колесо, G , кг	50; 100; 150; 200	

Вертикальную нагрузки рассчитывали по выражению:

$$G = Q \frac{(a+b)}{b} g, \quad (5)$$

где Q – показание весового устройства, кг; a , b – плечо (рис. 2), м; g – ускорение свободного падения, м/с².

Выводы. Результаты экспериментального исследования влияния изменения вертикальной нагрузки и давления в шине (рис. 3) показывают, что при давлении в шине более 1,5 МПа и вертикальной нагрузке более 150 кг на одно колесо радиус качения колеса изменяется незначительно.



а)



б)

Рис. 2. Экспериментальная установка:

a – схема установки: 1 – пневматическая шина; 2 – рычаг; 3 – весовое устройство; 4 – шарнир; 5 – линейка; 6 – указатель высоты; б – общий вид

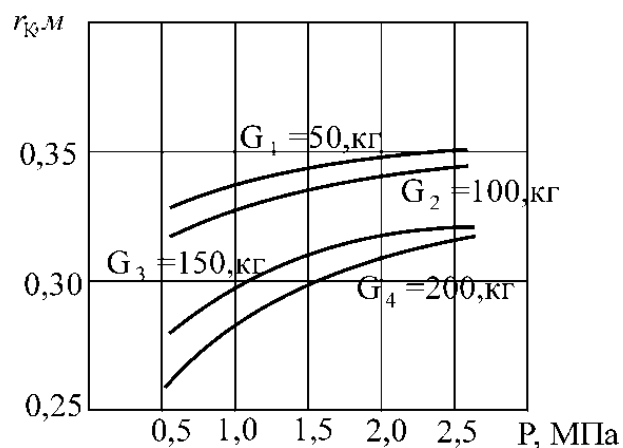


Рис. 3. Зависимости изменения радиуса качения колеса от давления в шине и вертикальной нагрузки

Список источников

1. Ведищев, С. М. Выбор варианта системы раздачи кормов / С. М. Ведищев, В. Т. Щедрин, Е. К. Теплякова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 1999. – Т. 5, № 4. – С 643 – 650.
2. Классификация бункерных кормораздатчиков для свиней / С. М. Ведищев, А. В. Прохоров, А. В. Милованов, Н. О. Милуков // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 2(51). – С. 43 – 48.
3. Обоснование габаритных параметров мобильного кормораздатчика / С. М. Ведищев, А. И. Завражнов, М. К. Бралиев, А. В. Прохоров // Наука в центральной России. – 2020. – № 2(44). – С. 5 – 15.
4. Обоснование эффективной системы раздачи кормов / С. М. Ведищев, А. И. Завражнов, А. В. Прохоров, М. К. Бралиев // Наука в центральной России. – 2020. – № 1(43). – С. 11 – 21.
5. Техническое обеспечение животноводства : учебник для вузов / А. И. Завражнов, С. М. Ведищев, М. К. Бралиев и др. ; под ред. академика РАН А. И. Завражнова // Лань : электронно-библиотечная система. – 2-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2022. – 516 с. – URL : <https://e.lanbook.com/book/201596> (дата обращения: 21.03.2022).
6. Щедрин, В. Т. Кормораздатчик для свиней со шнековыми дозаторами / В. Т. Щедрин, С. М. Ведищев, А. В. Козлов // Вестник МГАУ. – 2001. – Т. 1, № 4. – С. 49–50.

С. Н. Витязь, канд. биол. наук, доцент,

М. М. Колосова, канд. хим. наук, доцент,

Е. Б. Роткина, канд. биол. наук

Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия (Кемерово, Россия)

**ПРИМЕНЕНИЕ ФАЦЕЛИИ ПИЖМОЛИСТНОЙ
(*PHACELIA TANACETIFOLIA BENTH.*)
ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОЧВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ИОНАМИ ЦИНКА
ПРИ ПОДГОТОВКЕ ИХ К ВЕДЕНИЮ ОРГАНИЧЕСКОГО
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

Аннотация. Описаны результаты применения фацелии пижмолистной в качестве фиторемедианта. Установлено, что при выращивании фацелии пижмолистной наблюдается снижение содержания цинка в корнеобитаемом слое почвы.

Ключевые слова: ионы цинка, фиторемедиация, фацелия пижмолистная, органическое сельское хозяйство.

S. N. Vityaz, Ph. D. Biol. Sciences, Associate Professor,

M. M. Kolosova, Ph. D. Chem. Sciences, Associate Professor,

E. B. Rotkina, Ph. D. Biol. Sciences

Kuzbass State Agricultural Academy (Kemerovo, Russia)

**THE USE OF PHACELIA TANSY-LEAVED
(*PHACELIA TANACETIFOLIA BENTH.*)
TO PURIFY SOILS FROM ZINC ION CONTAMINATION
WHEN PREPARING THEM FOR ORGANIC FARMING**

Abstract. The results of using Phacelia tansy as a phytoremediant are described. It has been established that with the growth of phacelia tansy leaf deficiency of zinc content in the root-inhabited place.

Keywords: zinc ions, phytoremediation, phacelia pyzhmolistnaya, organic agriculture.

В настоящее время предлагается новый вектор развития сельскохозяйственного производства на основе экосистемного подхода, в основе которого лежит рациональное использование ресурсов окружающей среды с учетом экологической емкости территории [1]. Это, в свою очередь, заставляет отказаться от использования синтетических минеральных удобрений, пестицидов, генно-модифицированных объектов, то есть перейти на органическое сельскохозяйственное производство. Технологии, применяемые в производстве органической продукции, существенно отличаются от технологий, применяемых в России для традиционного сельского хозяйства. В частности, при ведении органического сельского хозяйства действует ряд мер, предусмотренных Законом, которые ограничивают применение агрохимикатов, пестицидов, антибиотиков, стимуляторов роста, гормональных препаратов, генно-модифицированных организмов и т.д. [2]. В большинстве субъектов Российской Федерации отмечено ухудшение состояния угодий сельскохозяйственного назначения, продолжается их загрязнение, снижение их плодородия и устойчивости к разрушению и способности к вос-

становлению свойств. Поэтому наиболее перспективным методом для очистки и восстановления земель сельскохозяйственного назначения, которые в последующем предполагается использовать для органического земледелия, на наш взгляд, может стать фиторемедиация – метод в основе которого лежит способность растений извлекать вредные вещества из окружающей среды (воздуха, воды или почвы) и концентрировать без видимых признаков угнетения в своих тканях различные элементы или превращать их в безопасные соединения – метаболиты [3, 4].

Целью данного исследования явилось определение фиторемедиационного потенциала фацелии пижмолистной по отношению к ионам цинка и возможность ее применения для очистки почв от тяжелых металлов и подготовки их к ведению органического сельского хозяйства.

Лабораторный этап исследования был выполнен в период с 15.04.2020 г. по 15.05.2020 г. в условиях лаборатории кафедры ландшафтной архитектуры Кузбасской ГСХА. В качестве тестовой культуры для определения их фиторемедиационного потенциала по отношению к ионам цинка была выбрана фацелия пижмолистная (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) – представитель семейства водolistниковых (*Hydrophyllaceae*). Растение высотой от 15 до 70 см, покрытое жесткими густыми щетинками, цветки многочисленные, почти сидячие, в одно-сторонних, вверху завитых, очень густых, часто двухраздельных, верхушечных кистях. Зацветает фацелия через 40 – 45 дней после посева. Продолжительность цветения составляет до 20 дней. Фацелия пижмолистная обладает мочковатой корневой системой со множеством придаточных корней, что способствует быстрому охвату большего объема почвы. Широко используется в качестве сидеральной культуры для улучшения физико-химических свойств почвы. На сегодняшний день в научной литературе присутствуют единичные сведения по способности фацелии пижмолистной к применению ее в качестве фиторемедианта. Так в работах С. Н. Витязь с соавторами (2021) указывается на высокие аккумулярующие способности фацелии пижмолистной в отношении ионов свинца [5].

Предлагаемый способ очистки почвы от ионов цинка отрабатывали в лабораторных условиях Кузбасской ГСХА на образцах почвогрунта, отобранного из пахотного горизонта земель сельскохозяйственного назначения, определенного для последующего его использования в органическом земледелии в соответствии с ГОСТ Р 58595–2019 [6].

В лабораторном опыте источником загрязнения почвы, взятой с территории земель сельскохозяйственного назначения, ионами цинка послужили растворы сульфата цинка с концентрациями 2, 10, 50 и 100 ПДК (ПДК (Zn) = 23 мг/кг почвы). В пластиковые контейнеры 20×30×10 см помещали по 1 кг почвы. В каждую емкость после тщательного увлажнения почвы вносили по 50 мл раствора с соответствующей концентрацией ионов цинка и осуществляли посев семян фацелии пижмолистной. В качестве контрольной группы выступали почвы, взятые с территории земель сельскохозяйственного назначения. Контроль содержания ионов цинка в почве и фитомассе растений осуществляли через 30 дней после посева методом атомно-эмиссионного спектрального анализа при помощи спектрометра эмиссионного с индуктивно-связанной плазмой Optima модель 2100 DV (ПНД Ф 16.1:2.3:3.11–98) [7].

Полевой опыт проводили на территории крестьянско-фермерского хозяйства, находящегося в Прокопьевском районе Кемеровской области – Кузбасса. Проводился весенний посев растений фацелии пижмолистной. В опытном варианте семена фацелии пижмолистной

высевали из расчета – 10...12 кг/га (70 – 90 растений на м²), ширина междурядий – 15...20 см, глубина заделки семян – 1,5...3,0 см. В условиях опыта посев семян производился вручную на необходимую глубину с последующей заделкой граблями. Для посева семян растений фацелии пижмолистной в производстве применяется зерновая или зернотравяная сеялка. В качестве контрольного варианта опыта выступал чистый пар с сорными растениями, основными представителями которых являлись следующие виды: бодяк полевой (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.), ярутка полевая (*Thlaspi arvense* L.), марь белая (*Chenopodium album* L.). Пробы почв отбирали до посева и сразу после удаления растений. Уборку растений в опытном и контрольном вариантах путем полного их удаления проводили в период начала цветения фацелии пижмолистной, не доводя ее до фазы окончания цветения и начала формирования семян. Очень важным моментом является своевременная уборка растений фацелии пижмолистной до окончания цветения и обсеменения (до наступления фазы полной спелости (вскрытия коробочки)), чтобы избежать попадания семян на сельскохозяйственные угодья (если не планируется дальнейшее извлечение избыточного цинка из почвы).

Для расчета коэффициента аккумуляции ($K_{ак}$) брали отношение концентрации элемента в почве в конце опыта к его концентрации на начало опыта. Для выявления избирательности поглощения ионов свинца растениями применялся коэффициент биологического поглощения ($K_{бп}$), представляющий собой частное от деления количества элемента в золе растений на его валовое содержание в почве [8].

Полученные результаты, в итоге реализации предлагаемого способа очистки почв от ионов цинка в лабораторных условиях, убедительно доказывают, что фацелия пижмолистная может быть отнесена к растениям-гипераккумуляторам тяжелых металлов (табл. 1).

Значения коэффициентов биологического поглощения ($K_{бп}$), представленные в табл. 1, характеризуют потенциал растений фацелии пижмолистной как гипераккумулятора ионов цинка. Значения коэффициентов аккумуляции ($K_{ак}$) показывают, что эффективность извлечения ионов цинка в лабораторном опыте зависит от исходного содержания данного элемента в почве.

Полученные результаты испытаний фацелии пижмолистной при посеве в качестве фитомелиоранта (полевой опыт) показали ее высокую аккумулялирующую способность по отношению к ионам цинка и возможность использования этих растений для снижения содержания данного тяжелого металла в корнеобитаемом слое почвы (табл. 2).

1. Анализ проб почвы и растительного материала фацелии пижмолистной в лабораторном опыте (2020) по аккумуляции цинка, мг/кг

Исследуемый материал	Опытные варианты				Контрольный вариант
	2ПДК	10ПДК	50ПДК	100ПДК	
Почва начало опыта	123,0 ± 12,0	399 ± 24	1691 ± 60	1890 ± 80	59,0 ± 1,0
Почва конец опыта	65,0 ± 5,1	100 ± 12	1510 ± 50	1780 ± 60	47,2 ± 1,0
Растения конец опыта (зола)	60,0 ± 4,8	294 ± 18	1530 ± 50	1990 ± 80	10,4 ± 0,8
$K_{ак}$	0,53	0,25	0,89	0,94	0,80
$K_{бп}$	0,49	0,74	0,90	1,05	0,17

2. Анализ проб почвы и растительного материала в полевом опыте (2020) по аккумуляции цинка, мг/кг

Исследуемый материал	Содержание цинка (валовое), мг/кг	
	Контрольный вариант	Опытный вариант
Почва начало опыта	59,0 ± 1,0	59,0 ± 1,0
Почва конец опыта	49,5 ± 1,0	46,0 ± 1,0
Растения конец опыта (зола)	12,1 ± 1,3	39,7 ± 2,5
<i>Значения коэффициентов</i>		
$K_{ак}$	0,82	0,77
$K_{бп}$	0,20	0,67

Валовое содержание тяжелых металлов в почве является весьма инерционным показателем и затруднительно достигнуть резкого снижения его значения за короткий промежуток времени, тем не менее отмечался вынос с фитомассой растений фацелии пижмолистной значительного количества цинка из почвы и высокая его концентрация в золе растений.

Таким образом, применение способа фиторемедиации загрязненных цинком почв приводит к выносу избыточного цинка растениями фацелии пижмолистной (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) и снижению содержания тяжелых металлов в корнеобитаемом слое почвы, восстановлению (повышению качества) земель сельскохозяйственного назначения. В связи с вышесказанным использование фиторемедиации почв в органическом земледелии может стать перспективным и экономически выгодным методом.

Список источников

1. Сохранить и приумножить – Руководство для политиков по устойчивой интенсификации растениеводства [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.fao.org/3/i2215r/i2215r01.pdf> (дата обращения: 10.05.2023).
2. Союз органического земледелия в России [Электронный ресурс]. – URL : <https://soz.bio/> (дата обращения: 10.05.2023).
3. Фиторемедиация почв, содержащих тяжелые металлы / А. В. Линдиман, Л. В. Шведова, Н. В. Тукумова, А. В. Невский // Экология и промышленность России. – 2008. – № 9. – С. 45 – 47.
4. Витязь, С. Н. Перспективы использования фиторемедиации почв для возврата их в категорию сельскохозяйственного назначения / С. Н. Витязь // Современные тенденции сельскохозяйственного производства в мировой экономике : материалы XVIII Междунар. науч.-практ. конф. (г. Кемерово, 3–4 декабря 2019 г.) / ред. кол. : Е. А. Ижмулкина и др. – Кемерово, 2019. – С. 424 – 428. – URL : <http://ksai.ru/upload/files/sborniki>
5. Фиторемедиационный потенциал цветковых растений по отношению к свинцу / С. Н. Витязь, М. М. Колосова, М. С. Дремова и др. // Самарский научный вестник. – 2021. – Т. 10, № 1. – С. 41 – 46.
6. ГОСТ Р 58595–2019. Национальный стандарт РФ. Почвы. Отбор проб [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200168814> (дата обращения: 25.05.2023).
7. ПНД Ф 16.1:2.3:3.11–98. Методика выполнения измерения содержания металлов в твердых объектах (почва, компосты, кеки, осадки сточных вод, пробы растительного происхождения) методом спектром.

8. Селюкова, С. В. Экологическая оценка содержания свинца, кадмия, ртути и мышьяка в агроэкосистемах юго-западной части Центрально-Черноземного района России : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / С. В. Селюкова. – Белгород, 2019. – 25 с.

References

1. Save and Grow – Policymakers' Guide to Sustainable Crop Intensification [Electronic resource]. – URL : <http://www.fao.org/3/i2215r/i2215r01.pdf> (Accessed: 10.05.2023).
2. Union of Organic Farming in Russia [Electronic resource]. – URL : <https://soz.bio/> (Accessed: 05/10/2023).
3. Lindiman A. V., Shvedova L. V., Tukumova N. V., Nevsky A. V. Phytoremediation of soils containing heavy metals // Ecology and Industry of Russia. – 2008. – No. 9. – P. 45 – 47.
4. Vityaz, S. N. Prospects for the use of soil phytoremediation to return them to the category of agricultural purposes // Modern trends in agricultural production in the world economy : materials of the XVIII International Scientific and Practical Conference (Kemerovo, December 3–4, 2019). – Kemerovo, 2019. – <http://ksai.ru/upload/files/sborniki>. – P. 424 – 428.
5. Vityaz S. N., Kolosova M. M., Dremova M. S., et al. Phytoremediation potential of flowering plants in relation to lead // Samara Scientific Bulletin. – 2021. – V. 10, No. 1. – P. 41 – 46.
6. GOST R 58595–2019. National standard of the Russian Federation. Soils. Sampling [Electronic resource] // Electronic fund of legal and normative-technical documents. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200168814> (Accessed: 05/25/2023).
7. PND F 16.1:2.3:3.11–98. Method for measuring the content of metals in solid objects (soil, composts, cakes, sewage sludge, samples of plant origin) by the spectrum method.
8. Selyukova, S. V. Ecological assessment of the content of lead, cadmium, mercury and arsenic in the agroecosystems of the southwestern part of the Central Black Earth region of Russia : author. dis. ... cand. biol. Sciences : 03.02.08. – Belgorod, 2019. – 25 p.

М. Е. Выгузов¹, аспирант, **С. В. Прохоров¹**, магистрант, **Н. С. Рзянин¹**, магистрант,
М. В. Щукин¹, магистрант, **Е. Б. Ложкина^{1, 2}**, аспирант

¹Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия);

²Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт
использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве (Тамбов, Россия)

СКРЕБКОВЫЙ ДОЗАТОР КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ КОРМОВ

Аннотация. Разработана конструктивно-технологическая схема скребкового дозатора с изменяемой высотой скребка, позволяющая оперативно изменять норму выдачи без остановки кормораздатчика. Получены аналитические выражения, показывающие взаимосвязь конструктивно-технологических параметров дозатора и физико-механических свойств кормов на его подачу.

Ключевые слова: скребковый дозатор, заслонка, подача.

M. E. Vyguzov¹, Postgraduate Student, **S. V. Prokhorov¹**, Undergraduate Student,
N. S. Rzyanin¹, Undergraduate Student, **M. V. Shchukin¹**, Graduate Student,
E. B. Lozhkin^{1, 2}, Postgraduate Student

¹Tambov State Technical University (Tambov, Russia);

²The All-Russian Scientific Research and Design Technology Institute
for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture (Tambov, Russia)

THE SCRAPER DISPENSER OF CONCENTRATED FEEDS

Abstract. A design and technological scheme of a scraper dispenser with a variable scraper height has been developed, which allows you to quickly change the rate of delivery without stopping the feed dispenser. Analytical expressions have been obtained showing the relationship between the design and technological parameters of the dispenser and the physical and mechanical properties of feed for its supply.

Keywords: scraper dispenser, flap, feed.

Введение. Большое разнообразие конструктивно-технологических схем дозаторов связано с наличием различных типов рабочих органов и схем работ и их объемно-планировочных решений, половозрелыми особенностями обслуживаемого поголовья, различными способами содержания и кормления животных, а также поисками наиболее совершенных технологических решений, которые более полно отвечали бы возрастающим зоотехническим и технико-экономическим требованиям [1, 2].

Дозаторы, применяемые для раздачи кормов, можно разделить по следующим классификационным признакам: по виду дозируемых кормов, по способу и типу дозирования, по степени автоматизации и типу рабочих органов [1, 2, 7, 8]. Наиболее перспективными являются объемные скребковые дозаторы непрерывного и циклического действия с возможностью автоматизации, с регулированием в зоне загрузки и изменяемыми по высоте скребками.

Конструктивно-технологическая схема скребкового дозатора с изменяемой высотой скребка представлена на рис. 1 [3 – 6].

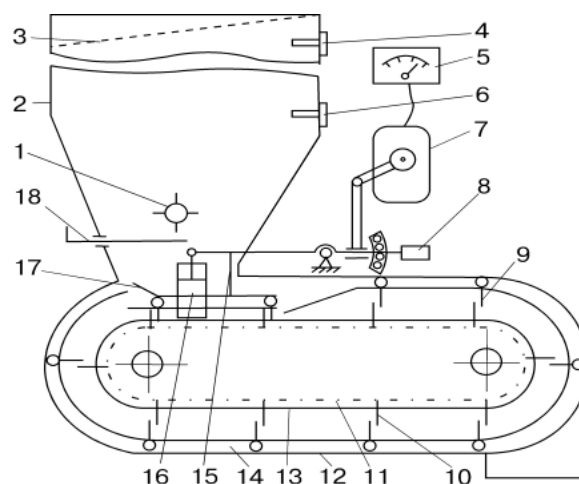


Рис. 2. Схема скребкового дозатора:

- 1 – воршилка; 2 – бункер; 3 – сетка; 4 – датчик верхнего уровня;
 5 – дистанционный указатель положения; 6 – датчик нижнего уровня;
 7 – исполнительный механизм; 8 – рычаг; 9 – подвижные пластины; 10 – скребки;
 11 – приводная цепь; 12 – кожух; 13 – лента; 14 – замкнутая направляющая;
 15 – отсекающая заслонка; 16 – ползун; 17 – подвижная секция; 18 – шибберная заслонка

Объект и методы исследований. Скребковый дозатор работает следующим образом. В бункер 2 через загрузочную горловину подают комбикорм, при этом происходит просеивание его через сетку 3. Загрузка заканчивается при срабатывании датчика верхнего уровня 4, установленного на расстоянии 25 см от верхнего края бункера. В нужное время открывают заслонку 18, включают воршилку 1, скребковый транспортер, в результате чего комбикорм захватывается скребками и равномерно подается на выдачу.

Для изменения подачи оператор фиксирует рычаг 8 на секторе в заданном положении и через тяги перемещает в вертикальной плоскости ползун 16, а вместе с ним подвижную секцию 17 замкнутой направляющей 14 и отсекающую заслонку 15. Подвижные пластины 9 скребков 10 в зоне загрузки своими выступами входят в расширенную часть подвижной секции и изменяют общую высоту скребков. Излишки корма над скребками счищаются отсекающей заслонкой 15. При дальнейшем движении выступы подвижных лопаток находят на наклонную часть основных направляющих и скребки принимают максимальную высоту, что исключает переваливание корма через скребки во время движения транспортера.

При расчете минимального открытия шибберной заслонки необходимо учитывать условия отсутствия сводообразования и выдачи кормораздатчиком необходимого количества корма животным [8]:

$$\begin{cases} R > R_{\text{св}}; \\ Q_{\text{б}} \geq Q_{\text{к}}, \end{cases} \quad (1)$$

где $R_{\text{св}}$ – радиус сводообразующего отверстия, м; $Q_{\text{б}}$ – подача бункера, кг/с; $Q_{\text{к}}$ – производительность кормораздатчика, кг/с.

С учетом формул определения гидравлического отверстия первое выражение системы (1) можно записать в виде:

$$\frac{(A-a')(B-a')}{2(A+B-2a')} \geq \frac{\tau_0(1+\sin \varphi)}{\gamma g}, \quad (2)$$

где A – величина открытия дозирующей заслонки, м; B – ширина бункера, м; a' – размер характерных частиц, м; τ_0 – начальное напряжение сдвигу, Па; φ – угол внешнего трения, град; γ – насыпная плотность корма, кг/м³.

Решив данное неравенство и упростив его относительно A , получим:

$$A \geq \frac{2\tau_0(B-a')(1+\sin\varphi)}{(B-a')\gamma g - 2\tau_0(1+\sin\varphi)} + a'. \quad (3)$$

Производительность кормораздатчика при работе в животноводческом помещении зависит от линейной плотности корма (зависящей от количества животных и нормы выдачи на одно животное), фронта кормления, в соответствии с зоотехническими нормами и скорости движения кормораздающей машины.

Мобильный кормораздатчик, проходящий вдоль кормушек, должен иметь производительность Q_k , обеспечивающую выдачу необходимого количества корма на каждую голову в соответствии с принятыми в хозяйстве нормами [8]:

$$Q_k = \frac{G_1}{L_k} v_{\text{агр}}, \quad (4)$$

где G_1 – количество корма, необходимого для расчетного поголовья скота, в кг; L_k – длина фронта кормления, т. е. общая длина кормушек, загружаемых кормом за один проход кормораздатчика, м; $v_{\text{агр}}$ – рабочая скорость кормораздатчика, м/с.

Количество корма, необходимого для расчетного поголовья скота [8]:

$$G_1 = q_p m_0, \quad (5)$$

где q_p – количество корма, необходимого животному на одно кормление согласно принятому рациону, кг/гол; m_0 – расчетное поголовье животных, гол.

Длина фронта кормления, обслуживаемая кормораздатчиком за один проход [8]:

$$L_k = \frac{am_0}{m_{\Gamma}}, \quad (6)$$

где a – длина одного кормоместа, м; m_{Γ} – количество голов животных, приходящихся на одно кормоместо, гол.

После упрощения получим уравнение для определения производительности кормораздатчика:

$$Q_k = \frac{q_p m_0}{L_k} v_{\text{агр}}. \quad (7)$$

Производительность кормораздатчика должна удовлетворять условию (1):

$$\frac{q_p m_0}{L_k} v_{\text{агр}} \leq ABv_{\text{ист}}. \quad (8)$$

Решив неравенство (8) относительно A , получим:

$$A \geq \frac{q_p m_0}{L_k \gamma B v_{\text{ист}}} v_{\text{агр}}. \quad (9)$$

С учетом выражений (3) и (9) для минимальной величины открытия заслонки можно записать:

$$\begin{cases} A_{\min} \geq \frac{q_p m_0}{L_k \gamma B v_{\text{ист}}} v_{\text{агр}}; \\ A_{\min} \geq \frac{2\tau_0 (B - a')(1 + \sin \varphi)}{(B - a')\gamma g - 2\tau_0 (1 + \sin \varphi)} + a'. \end{cases} \quad (10)$$

Скорость движения тягового органа желательно принимать 0,25...0,3 м/с, так как дальнейшее повышение скорости приводит к снижению транспортирующей способности скребков, повышению расхода энергии и созданию лишнего шума в помещении.

Выводы. Разработана конструктивно-технологическая схема скребкового дозатора с изменяемой высотой скребка, позволяющая оперативно изменять норму выдачи без остановки кормораздатчика.

На основе теоретических исследований получены аналитические выражения, показывающие взаимосвязь конструктивно-технологических параметров дозатора и физико-механических свойств кормов на подачу.

Список источников

1. Ведищев, С. М. Анализ дозаторов кормов / С. М. Ведищев, А. Ю. Глазков, А. В. Прохоров // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. № 1(50). – С. 103 – 108.
2. Ведищев, С. М. Классификация устройств дозирования сыпучих материалов / С. М. Ведищев, А. Ю. Нефедов // Устойчивое развитие региона: Архитектура, строительство и транспорт : материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф. Института архитектуры, строительства и транспорта. Тамбов, 15–16 июня 2017 г. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2017. – С. 446 – 450.
3. Скребковый дозатор для доильных установок [Электронный ресурс] / С. М. Ведищев, А. А. Кажияхметова, Н. В. Хольшев // Импортзамещающие технологии и оборудование для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственного сырья : материалы I Всерос. конф. с междунар. участием / под общ. ред. Ю. В. Родионова ; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019. – С. 152 – 155.
4. Жариков, В. С. Дозатор комбикормов для доильных установок [Электронный ресурс] / В. С. Жариков, С. М. Ведищев, А. В. Прохоров // Цифровизация агропромышленного комплекса : сб. науч. ст. I Междунар. науч.-практ. конф. : в 2-х т. Тамбов, 10 – 12 октября 2018 г. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. – Т. II. – С. 45 – 47.
5. Дозатор с регулируемой высотой скребков / А. И. Завражнов, С. М. Ведищев, А. В. Прохоров и др. // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство и транспорт : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., посвященной памяти академика РААСН Чернышова Е. М., Тамбов, 21–22 сентября 2022 года. – Тамбов : Издательство ИП Чеснокова А.В., 2022. – С. 358 – 361.
6. Прохоров, А. В. Скребковый дозатор / А. В. Прохоров, С. М. Ведищев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2014. – № 4. – С. 12–13.
7. Анализ дозаторов сыпучих материалов, применяемых при приготовлении кормов / И. И. Репин, И. С. Тюлькин, А. В. Прохоров, С. М. Ведищев // Техсервис-2018 : материалы науч.-практ. конф. студентов и магистрантов (Минск, 24–25 мая 2018 г.) / редкол. : А. В. Миранович и др. – Минск : БГАТУ, 2018. – С. 200 – 205.
8. Техническое обеспечение животноводства : учебник для вузов / А. И. Завражнов, С. М. Ведищев, М. К. Бралиев и др. ; под ред. академика РАН А. И. Завражнова // Лань : электронно-библиотечная система. – 2-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2022. – 516 с. – URL : <https://e.lanbook.com/book/201596> (дата обращения: 21.03.2022).

М. Х. Жумалиева, студент, **А. В. Комиссаров**, д-р с.-х. наук, профессор,
Д. Н. Кутлияров, канд. техн. наук, доцент
Башкирский государственный аграрный университет (Уфа, Россия)

РАЗВИТИЕ МЕЛИОРАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Аннотация. В статье рассматривается важность и значимость мелиорации для сельского хозяйства. Представлены сведения о развитии системы мелиорации в Республике Казахстан. Приведены данные о состоянии лиманного орошения и капельного полива.

Ключевые слова: мелиорация, лиманное орошение, капельный полив, урожайность.

M. H. Zhumalieva, Student, **A. V. Komissarov**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
D. N. Kutliyarov, Ph. D. Sc., Associate Professor
Bashkir State Agrarian University (Ufa, Russia)

DEVELOPMENT OF LAND RECLAMATION IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Abstract. The article discusses the importance and significance of land reclamation for agriculture. Information on the development of the land reclamation system in the Republic of Kazakhstan is presented. Data on the state of estuary irrigation and drip irrigation are given.

Keywords: land reclamation, estuary irrigation, drip irrigation, yield.

Во всем мире орошаемые земли имеют важное значение как в стабилизации сельскохозяйственного производства, так и в достижении продовольственной безопасности [1]

Решение проблемы продовольственной безопасности возможно посредством устойчивого развития сельскохозяйственного производства на основе эффективного использования сельскохозяйственных земель и при минимальной зависимости от климатических условий [2]. Добиться этого можно путем применения комплексной мелиорации земель, включающей в себя гидротехническую мелиорацию и агролесомелиорацию в сочетании с прогрессивной агротехникой [2].

Главная задача мелиорации должна заключаться в увеличении доли возобновляемой энергии, получаемой в результате фотосинтеза, в общем энергетическом балансе агроландшафта [3].

Территория Казахстана относится к аридной зоне, за исключением предгорных и горных районов страны. Недостаточность естественного увлажнения, оказывающего влияние на продуктивность ландшафтных систем, увеличивает потребность в развитии мелиорации сельскохозяйственных земель в аридных зонах [4].

Мелиорация направлена на значительное повышение плодородия и эффективности сельскохозяйственных земель, урожайности и устойчивости сельского хозяйства, обеспечение населения качественными продуктами питания, удовлетворение потребностей продовольственных рынков, повышение продовольственной независимости и национального благосостояния, а также смягчение влияния изменчивости и климатических условий на результаты сельскохозяйственного производства.

Развитие мелиорации в Республике Казахстан претерпело несколько периодов. Так, до 1965 года в Казахстане осуществлялось восстановление существующих и действующих оросительных систем, поскольку орошение земель имело важную роль в жизни общества [5].

В 1966 году была разработана программа «О широком развитии мелиорации земель для получения высоких и устойчивых урожаев зерновых и других сельскохозяйственных культур», в результате чего с 1966 по 1990 годы вектор действий стал нацелен на развитие мелиорации сельскохозяйственных земель во всех агроклиматических зонах и водохозяйственных бассейнах. Дополнительно в 1985 г. была разработана программа развития мелиорации сельскохозяйственных земель, нацеленная на увеличение их площади [5]. К 1990 году площадь орошаемых земель достигла 2,3 млн. га.

А с 1990 года происходит уменьшение площади орошаемых земель. Несмотря на трудности в регулировании и управлении гидрогеохимическим режимом орошаемых земель и водными ресурсами, не было попыток разработки концепции мелиорации сельскохозяйственных земель и сбалансированного использования водными ресурсами в Республике Казахстан [5]. Следует отметить, что проблемам мелиорации долгое время не уделялось достаточного внимания. В связи с этим, существующий фонд мелиорированных земель был сформирован еще в советское время, но в период рыночных реформ и преобразований значительно сократился.

По данным Минсельхоза Республики Казахстан, на 2016 год в стране площади регулярного орошения составляли 1 млн 460 тыс. га. В Государственную программу развития АПК РК была внесена задача за пять лет (2017 – 2021) путем модернизации ирригационной инфраструктуры восстановить 610 тыс. га поливной пашни. На эти цели заложили бюджет в размере 270 млрд тенге.

Площадь орошаемых земель Казахстана с подведенной водохозяйственной инфраструктурой на конец 2019 года составила 1 млн 546 тыс. га. Она дает более 40% продукции растениеводства страны. При этом только на 14% площадей (210,4 тыс. га) применяются современные капельное и дождевальное орошение. В основном, орошаемые земли сосредоточены в южных регионах: около 38% их приходится на Туркестанскую область, 29% – на Алматинскую область, 14% – на Кызылординскую область и 8% – на Жамбылскую область.

Источниками орошения являются пруды, водохранилища, реки. Урал – третья по длине река Европы с площадью бассейна (включая бессточные районы) около 380 тыс. км², протекающая по территории Казахстана и России.

Затянувшийся период маловодья, случившийся в 2021 году в Казахстане, стал причиной сложной ситуации в хозяйственно-питьевом водоснабжении, орошении и с каждым днем все более негативно отражается на экономике западных областей страны. Основной проблемой являлось обмеление реки Урал.

При отсутствии регулярных источников воды в районах с засушливым климатом, лиманное орошение является единственно возможным средством для обеспечения почвы влагой [6].

Лиманное орошение в Казахстане имеет особое значение для роста кормовой базы в животноводстве. В настоящее время площадь лиманного орошения в Казахстане составляет 1,6 млн га. Основная доля лиманов находится в Северном Казахстане. Минсельхоз намерен почти на треть увеличить площадь орошаемых земель в Казахстане благодаря водо-

хранилищам – они будут аккумулировать воду в период паводков. Более 90% площади лиманного орошения используется под естественные сенокосы, из которых получается 40% валового сбора сена. Устройства лиманов позволяют грамотно использовать весенний сток и паводковые воды рек для увлажнения почвы, а также снизить вероятность возникновения водной и ветровой эрозий [7]. Кроме того, в паводковых водах содержится большое количество минеральных и органических элементов, участвующих в повышении плодородия почвы.

Несмотря на имеющиеся достоинства лиманов, такие как небольшие капитальные вложения, простота в строительстве и эксплуатации, у них есть ряд недостатков, например, использование воды только во время паводка, неравномерность увлажнения почвы.

На сегодняшний день в рабочем состоянии находится лишь часть лиманов. Для восстановления систем, вышедших из строя, а также для улучшения и повышения эффективности лиманного орошения, необходимо проводить реконструкцию постоянных валов, шлюзов-регуляторов и водосбросов. Такие мероприятия способствуют к выведению на новый уровень орошаемого земледелия, а также предотвратить процессы деградации.

Капельный полив наиболее эффективен в районах с дефицитом оросительной воды, поскольку такая система способна оптимизировать водный и питательный режимы в почве, исключить фильтрацию, а также автоматизировать процесс полива и увеличить урожайность [8].

В мировом масштабе капельное орошение среди водосберегающих технологий полива является наиболее распространенным. В Казахстане такая технология появилась в 2005 году на площади 160 га. К 2011 году площадь земель с капельным поливом возросла до 18,3 тыс. га, а на 2014 год доля таких земель составила 4,5% (67,6 тыс. га) от общего объема орошаемых земель [8].

Площадь орошаемых земель Казахстана с подведенной водохозяйственной инфраструктурой на конец 2019 года составила 1 млн 546 тыс. га. Она дает более 40% продукции растениеводства страны. При этом только на 14% площадей (210,4 тыс. га) применяются современные капельное и дождевальное орошение. В основном, орошаемые земли сосредоточены в южных регионах: около 38% их приходится на Туркестанскую область, 29% – на Алматинскую область, 14% – на Кызылординскую область и 8% – на Жамбылскую область. По данным Минсельхоза, на 2016 год в стране площади регулярного орошения составляли 1 млн 460 тыс. га (для сравнения, в 1991 – 2,3 млн). В связи с этим, Государственную программу развития АПК РК была внесена задача за пять лет (2017 – 2021) путем модернизации ирригационной инфраструктуры восстановить 610 тыс. га поливной пашни. На эти цели заложили бюджет в размере 270 млрд тенге.

Капельное орошение – это экономически обоснованный и экологически безопасный способ полива, который представляет собой систему, в которой к корням растений небольшими порциями подается вода из надземных трубопроводов из отверстий в поливных лентах. Сущность капельного орошения заключается в том, что поливается растение, а не почва. Главное преимущество – экономический расход воды, а кроме этого улучшение агрофизических свойств и создание оптимальных условий (тепло, питание, водно-воздушный режим) для роста и развития растений. Также к преимуществам можно отнести борьбу с ирригационной эрозией.

Использование систем капельного орошения, которые обеспечивают водоснабжение растений, является актуальным и современным подходом в вопросах водо- и энергосбережения (особенно в тех районах, где на наблюдается дефицит оросительной воды), создании оптимальных водного и питательного режимов в корнеобитаемом слое почвы, получении раннего и качественного урожая сельскохозяйственных культур, автоматизации процесса полива, сохранении почвенного плодородия [8].

Таким образом, эффективность сельского хозяйства взаимосвязана с мелиорацией земель, а использование эффективных и современных систем позволяет экономически целесообразно распределять воду и создавать оптимальный водно-солевой режим. Результатом является: получение урожайности при минимальных затратах на орошение; эффективное ресурсосбережение воды, энергии, продуктивности почвы, техники полива; сохранение окружающей природы [9].

Список источников

1. Роль и место орошаемого земледелия в производстве сельскохозяйственной продукции и его экономическая эффективность (опыт Республики Татарстан) / М. М. Хисматуллин, М. М. Хисматуллин, А. Р. Валиев и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – Т 16, № 3(63). – С. 160 – 166.
2. Юмагулова, Л. В., Мелиорация как фактор устойчивого развития сельскохозяйственного производства в Республике Башкортостан / Л. В. Юмагулова, А. В. Комиссаров // Современному АПК – эффективные технологии. – 2019. – Т. 1. – С. 488 – 491.
3. Комиссаров, А. В. Состояние и перспективы развития мелиорации в Челябинской области / А. В. Комиссаров, К. Н. Садыкова // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК. – 2020. – Т. 1. – С. 248 – 252.
4. Мустафаев, Ж. С. Проблемы и пути решения мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане / Ж. С. Мустафаев, Т. И. Есполов, А. Т. Козыкеева // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения. – 2016. – Т. 1. – С. 339 – 344.
5. Мустафаев, Ж. С. Мелиорация сельскохозяйственных земель в Казахстане: развитие, анализ и оценка / Ж. С. Мустафаев // Природообустройство. – 2017. – № 1. – С. 87 – 93.
6. Комиссаров, А. В. оптимизация водного режима почв и минерального питания многолетних трав и пропашных культур в агроэкологических условиях Южного Урала : дис. ... д-ра с.-х. наук / А. В. Комиссаров. – Уфа, 2016. – 434 с.
7. Онаев, М. К. Изменение агрохимических свойств почв при лиманном орошении / М. К. Онаев // Природообустройство. – 2013. – № 2. – С. 30 – 34.
8. Жигулев, М. А. Эффективность оросительной мелиорации в Республике Башкортостан / М. А. Жигулев, А. В. Комиссарова, Д. В. Шорохов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2016. – № 5. – С. 6 – 11.
9. Кутляров, А. Н. Экономическая эффективность гидротехнических противоэрозионных мероприятий в Республике Башкортостан / А. Н. Кутляров, Д. Н. Кутляров // Вода для жизни : материалы межрегион. науч.-практ. конф. Отделение водных ресурсов по Республике Башкортостан Камского бассейнового водного управления. – 2009. – С. 47 – 50.
10. Кутляров, Д. Н. О декларации безопасности гидротехнических сооружений / А. Н. Кутляров, Д. Н. Кутляров / Особенности развития агропромышленного комплекса на современном этапе : материалы Всерос. науч.-практ. конф. в рамках XXI. – 2011. – С. 249 – 251.

А. И. Завражнов¹, д-р техн. наук, профессор, академик РАН,
А. В. Балашов², д-р техн. наук, доцент, **С. М. Кольцов**², канд. техн. наук,
А. А. Синельников², канд. техн. наук, **С. С. Толстошеин**³, канд. техн. наук,
Д. А. Николюкин⁴, студент

¹Мичуринский государственный аграрный университет (Мичуринск, Россия);

²Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники
и нефтепродуктов в сельском хозяйстве (Тамбов, Россия);

³ООО «Системы моделирования» (Тамбов, Россия);

⁴Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОХРАННОСТИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ

Аннотация. Обоснована причина зависимости производительности сахарных заводов от погодных-климатических условий. Рассмотрен опыт применения технологии длительного хранения сахарной свеклы в кагатах, оснащенных системой активной вентиляции и укрытием.

Ключевые слова: сахарная свекла, кагат, система активной вентиляции, каркасное укрытие.

A. I. Zavrazhnov¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician
of the Russian Academy of Sciences,

A. V. Balashov², Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,

S. M. Koltsov², Candidate of Technical Sciences,

A. A. Sinelnikov², Candidate of Technical Sciences,

S. S. Tolstoshein³, Candidate of Technical Sciences, **D. A. Nikolyukin**⁴, Student

¹Michurinsky State Agrarian University (Michurinsk, Russia);

²The All-Russian Scientific Research Institute for the Use of Machinery
and Petroleum Products in Agriculture (Tambov, Russia);

³ООО "Modeling Systems" (Tambov, Russia);

⁴Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

ENSURING THE SAFETY OF SUGAR BEET WHEN USING LONG-TERM STORAGE TECHNOLOGY

Abstract. The reason for the dependence of the productivity of sugar factories on weather and climatic conditions is substantiated. The experience of using the technology of long-term storage of sugar beets piles equipped with an active ventilation system and shelter is considered.

Keywords: sugar beet, sugar beet storage, active ventilation system, frame shelter.

Введение. Сезон переработки сахарной свеклы 2022/23 г. в Центральном федеральном округе охарактеризован сложными погодными-климатическими условиями. В Белгородской, Курской и Воронежской областях наблюдалось превышение среднемесячной нормы выпадения осадков в течение всего производственного сезона, что послужило причиной снижения интенсивности привоза сахарной свеклы, и отразилось на снижении производи-

тельности сахарных заводов в отдельные периоды в 2 и более раза [1]. Из-за погодноклиматических условий увеличились сроки хранения в полевых кагатах, что отразилось на увеличении потерь свекломассы, снижении технологического качества сахарной свеклы у свеклосдатчиков [2, 3].

На сохранность сахарной свеклы в полевых кагатах также оказали влияние амплитудные колебания температуры окружающего воздуха, которые способствовали чередованию циклов заморозки и оттаиванию сахарной свеклы. В качестве примера приведен график амплитудных колебаний температуры окружающего воздуха в Курской области (рис. 1).

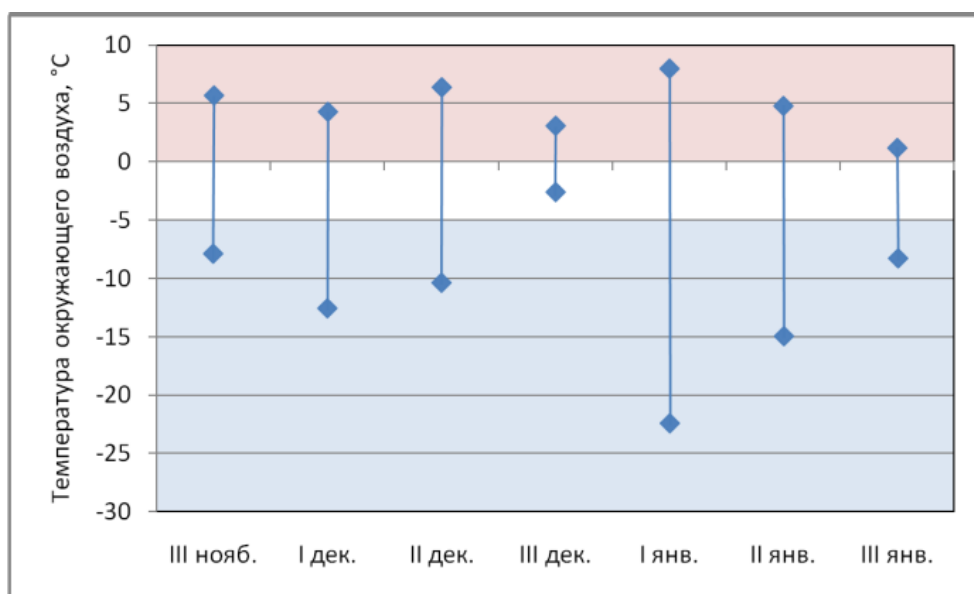


Рис. 1. График амплитудных колебаний температуры окружающего воздуха в Курской области

За исследуемый период в течение одной декады наблюдались периоды заморозков (с температурой окружающего воздуха, способной подморозить сахарную свеклу ниже -5°C) чередующиеся с оттепелями и дождями, которые интенсифицировали процессы оттаивания с последующим некрозом тканей корнеплодов [4, 5]. Из графиков, представленных на рис. 1, следует, что в Курской области в течение всего исследуемого периода наблюдалось не менее 6 циклов заморозки и оттайки.

Применение каркасного укрытия на кагатах длительного хранения. Для повышения сохранности сахарной свеклы используется способ хранения сахарной свеклы в больших кагатах на свеклопунктах. Кагаты оснащаются системой активной вентиляции для снижения и поддержания оптимального температурного режима. Размеры кагата длительного хранения больше полевого: высота 6,5 м, ширина 28 м, длина 120 м. Кагаты длительного хранения меньше подвержены воздействию окружающей среды, таких как солнечная радиация, амплитудные колебания температуры окружающего воздуха, атмосферные осадки и ветер. Увеличенные размеры кагата длительного хранения защищают сахарную свеклу, которая находится в зоне сохранности, однако его поверхностный и промежуточный слои толщиной 1...1,5 м не защищены. Для минимизации этого воздействия была разработана конструкция быстровозводимого каркасного укрытия (рис. 2).

В прошедшем сезоне переработки на одном из сахарных заводов в Курской области каркасное укрытие получило производственное внедрение на вентилируемом кагате.



а)



б)

Рис. 2. Каркасное укрытие кагата длительного хранения сахарной свеклы:

а – вид сбоку; б – секционный каркас, установленный на верхней площадке кагата

В ходе проведенных исследований было установлено, что наличие воздушного пространства между кагатом и укрывным материалом позволяет минимизировать влияние амплитудных колебаний температуры окружающего воздуха (рис. 3).

При температуре окружающего воздуха ниже -8°C температура воздуха под укрытием, т.е. над кагатом, составляет всего -4°C .

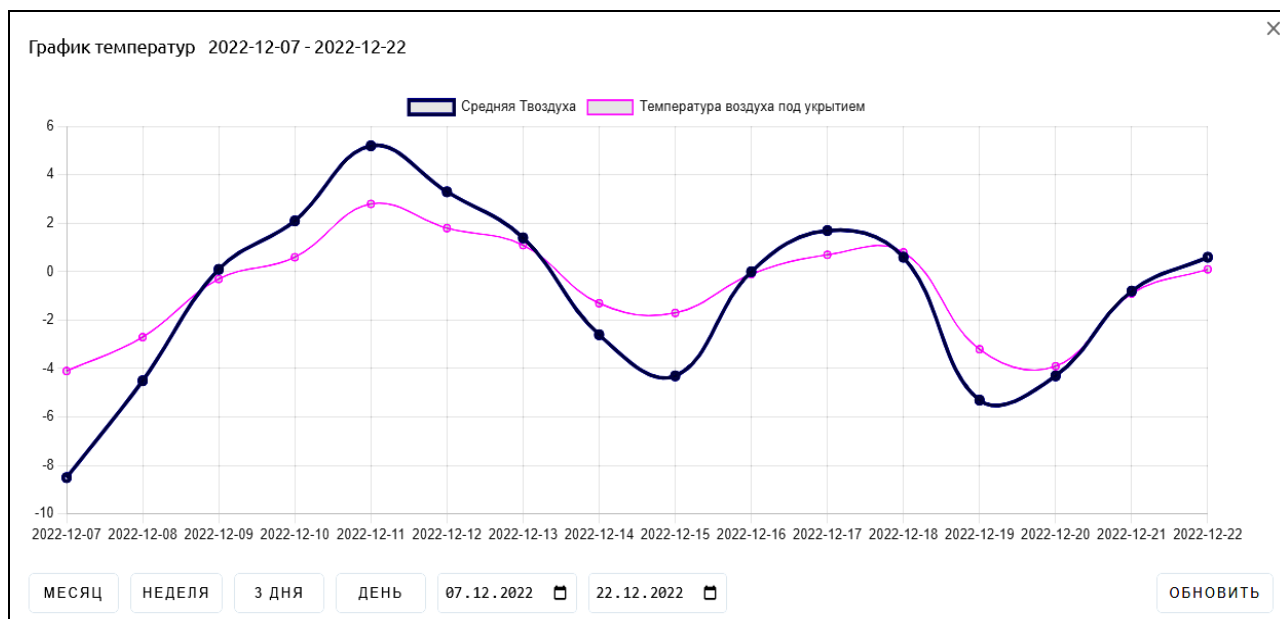


Рис. 3. График изменения температуры окружающего воздуха и температуры воздуха под укрытием

Укрытие обеспечивало более стабильную температуру вокруг кагата и во время оттепелей. При температуре окружающего воздуха $+5^{\circ}\text{C}$ температура воздуха под укрытием достигает $+2,6^{\circ}\text{C}$ [4].

Заключение. По данному направлению в ФГБОУ ВНИИТиН ведутся дальнейшие разработки по усовершенствованию технологии ДХС, цель которых – обеспечение сохранности сахарной свеклы при увеличенном сроке хранения с октября по февраль включительно.

Список источников

1. Кольцов, С. М. Исследование вопроса потери свекломассы при хранении сахарной свеклы в кагате / С. М. Кольцов // Наука и Образование : материалы конф. – Т. 4, № 2 – С. 66 – 68.
2. Путилина, Л. Н. Технологические показатели и урожайность корнеплодов сахарной свеклы в результате применения различных фунгицидов / Л. Н. Путилина, Н. А. Лазутина // Наука сегодня: опыт, традиции, инновации : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – 2020. – С. 23 – 25.
3. Завражнов, А. И. Опыт применения технологии длительного хранения сахарной свеклы / А. И. Завражнов, А. В. Балашов, С. М. Кольцов // Сахар. – 2023. – № 4. – С. 28 – 33.
4. Оценка технологической адекватности свеклы сахарной для производства сахара / М. И. Егорова, Л. Н. Пузанова и др. // Аграрная наука. – 2018. – № 7-8. – С. 50 – 54.
5. Путилина, Л. Н. Анализ способов хранения сахарной свеклы в условиях Центрально-Черноземного региона / Л. Н. Путилина, Р. А. Шрамко // Сахар. – 2021. – № 6. – С. 44 – 51.

References

1. Koltsov, S. M. Investigation of the issue of beet mass loss during storage in sugar beet piles // Materials of the conference : Science and Education. – V. 4, No. 2 – P. 66 – 68.
2. Technological indicators and yield of sugar beet root crops as a result of the use of various fungicides / Putilina L. N. Lazutina N. A. // In the collection: science today: experience, traditions, innovations. Materials of the international scientific and practical conference. – 2020. – P. 23 – 25.
3. The experience of using the technology of long-term storage of sugar beet / Zavrazhnov A. I., Balashov A. V., Koltsov S. M. // Sugar. – 2023. – No. 4. – P. 28 – 33.
4. Assessment of technological adequacy of sugar beet for sugar production / Egorova M. I., Puzanova L. N. ect. // Agrarian science. – 2018. – No. 7-8. – P. 50 – 54.
5. Putilina, L. N. Analysis of sugar beet storage methods in the conditions of the Central Chernozem region / L. N. Putilina, R. A. Shramko // Sugar. – 2021. – No. 6. – P. 44 – 51.

С. В. Иванов, студент, **А. Д. Обухов**, д-р техн. наук
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ РАЗРАБОТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ ПО ФОТОМАТЕРИАЛАМ

Аннотация. Рассмотрена предметная область растениеводства, для которой рассматривается задача определения болезней растений по фотографиям листьев. Представлена схема работы интеллектуальной системы, основанной на сверточных нейронных сетях и реализованной в виде Web-приложения.

Ключевые слова: машинное зрение, сверточные нейронные сети, болезни растений, сельское хозяйство.

S. V. Ivanov, Student, **A. D. Obukhov**, Doctor of Technical Sciences
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

THE TASK OF DEVELOPING AN INTELLIGENT SYSTEM FOR DETERMINING PLANT DISEASES BASED ON PHOTOGRAPHIC MATERIALS

Abstract. The article considers the subject area of plant growing, for which the problem of determining plant diseases from photographs of leaves is considered. The scheme of operation of an intelligent system based on convolutional neural networks and implemented as a Web application is presented.

Keywords: machine vision, convolutional neural networks, plant diseases, agriculture.

Наличие большого количества заболеваний растений и отсутствие необходимого уровня компетенций у работников сельского хозяйства и владельцев частных садовых участков обуславливает актуальность задачи автоматизированного распознавания и классификации болезней растений. В качестве инструмента решения данной задачи необходима реализация интеллектуальной системы поддержки принятия решений, основанной на технологиях машинного обучения, например, сверточных нейронных сетях. После успешной классификации болезни подобная система может выдавать рекомендации по их лечению. Реализация отечественного сервиса в соответствии с потребностью в импортозамещении иностранных программных продуктов также является оправданной.

Таким образом, цель работы заключается в автоматизированном определении болезней растений за счет разработки интеллектуальной системы поддержки принятия решений.

Предметной областью исследования является сельскохозяйственная отрасль (растениеводство). В данной отрасли одной из главных проблем является болезнь плодовых растений, приводящая к нарушению нормального обмена веществ. Данная патология проявляется в изменении физиологических и морфологических особенностей растений и вызывается живыми организмами или неблагоприятными условиями окружающей среды [1]. Заболевания можно разбить на категории по источникам их возникновения: непаразитарные и паразитарные. Паразитарные, в свою очередь, можно разделить на вирусные, бактериальные и грибковые.



Рис. 1. Черный рак на листьях, ветвях и плодах яблони



Рис. 2. Различие симптомов черной бактериальной пятнистости и фитофтороза на примере томата

Болезни могут сильно снизить урожайность некоторых растений. Например, такая болезнь яблони, как черный рак, может сделать плоды полностью непригодными для употребления (рис. 1).

Отталкиваясь от внешних проявлений болезней, можно применить технологию компьютерного зрения для их определения, так как признаки той или иной болезни могут весьма сильно отличаться друг от друга (рис. 2). Задача исследования заключается в том, чтобы разрабатываемая интеллектуальная система могла определять основные виды болезней некоторых плодовых растений с точностью не менее 70...75%.

Для решения поставленной задачи предлагается использование сверточной нейронной сети, реализованной при помощи языка Python и библиотеки Torch (рис. 3). Сверточная нейронная сеть представляет собой специальную архитектуру искусственных нейронных сетей, нацеленную на эффективное распознавание образов [2]. В данной исследовательской работе использовалась сверточная нейронная сеть с одним входом, на который подается фотография листа больного растения, и 29 выходами, каждый выход обозначает болезнь того или иного растения (рис. 3).

Нейронная сеть состоит из трех основных компонентов, таких как сверточный слой, подвыборочный слой, полносвязный слой.

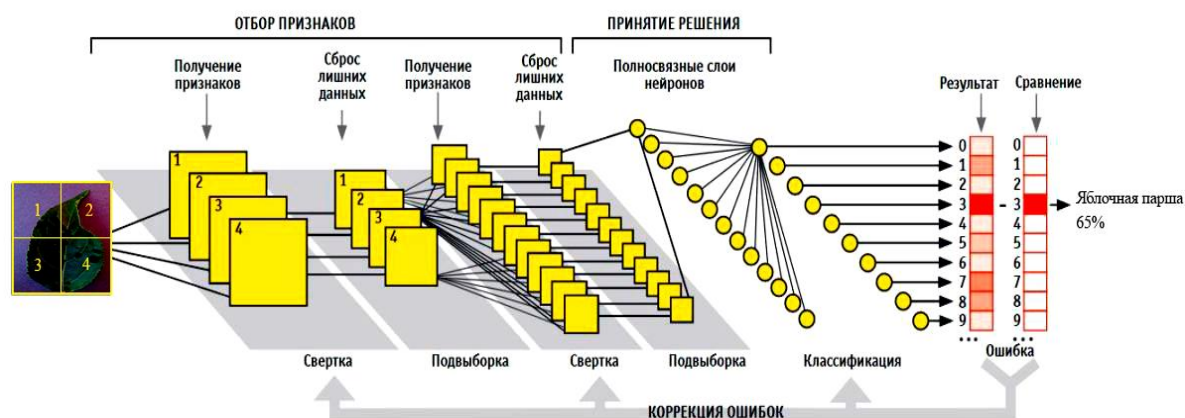


Рис. 3. Схема работы нейронной сети

Перед отправкой изображения на вход сверточного слоя происходит его разделение по трем цветовым каналам RGB. Сверточный слой является основным слоем сети. Его функция заключается в выделении признаков на входном изображении и создании карты признаков. Карта признаков представляет собой массив матриц, в котором каждый канал отвечает за один из выделенных признаков. Операция свертки, происходящая внутри сверточного слоя, заключается в вычислении нового значения выбранного пикселя, учитывающее значения пикселей, находящихся от него поблизости [3]. Последовательность действий для получения результата свертки можно описать так: фильтр размерностью 3 на 3 пикселя, представляющий один из признаков для классификации, накладывается на левую верхнюю часть фотографии размерностью 256 на 256 пикселей и производится покомпонентное умножение значений фильтра и значений изображения. Далее фильтр перемещается дальше по изображению до тех пор, пока сходным образом не будут обработаны все его участки. Данная операция проводится для каждого из цветовых каналов изображения, полученные результаты по трем каналам суммируются и записываются в матрицу. Затем они подаются на слой субдискретизации, или пулинга, где происходит сбрасывание лишних данных (размерность матрицы уменьшается для увеличения скорости обучения нейронной сети). После повторения операции свертки и пулинга сжатые матрицы признаков подаются на входы полносвязной нейронной сети прямого распространения, результатом работы которой является число-идентификатор (класс), которое обозначает болезнь растения (или здоровое растение).

Обучение нейронной сети будет происходить на готовом наборе данных «Data for: Identification of Plant Leaf Diseases Using a 9-layer Deep Convolutional Neural Network», размещенном на ресурсе data.mendeley.com. Набор данных содержит более 65 000 изображений в формате .jpg с разрешением в 256 на 256 пикселей и охватывает девять видов плодовых растений, такие как: томат, картофель, яблоня, кукуруза, малина, виноград, вишня, клубника, болгарский перец.

В набор данных входят как изображения здоровых растений, так и изображения растений, пораженных несколькими видами самых распространенных болезней, такими как мучнистая роса, фузариоз, фитофтороз, черный рак, антракноз, пероноспороз (ложная мучнистая роса), различные гнили, мозаики и пятнистости, и так далее.

Интеллектуальная система реализуется в виде Web-приложения, в которое интегрируется обученная нейронная сеть. Такой подход позволяет использовать программный продукт на любом устройстве, например, смартфоне или планшете. Web-приложение разрабатыва-

ется при помощи Python-библиотеки Django, представляющей собой высокоуровневый Web-фреймворк [4].

Web-приложение предоставляет следующий алгоритм действий: пользователь загружает изображение на сайт через html-форму, после чего оно отправляется на обработку в модуль нейронной сети. В результате работы сеть выдает идентификатор болезни, по которому из базы данных болезней и рекомендаций по их лечению происходит запрос на извлечение необходимой информации по предоставленному идентификатору. Информация выводится на html-страницу пользователю.

В статье рассмотрена задача определения болезней растений с использованием сверточных нейронных сетей. Обученная нейронная сеть интегрирована в Web-приложение интеллектуальной системы поддержки принятия решений. Проведен анализ предметной области, рассмотрена архитектура нейронной сети, а также рассмотрены основные принципы функционирования интеллектуальной системы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках гранта Президента РФ МК-857.2022.1.6.

Список источников

1. Дьяков, Ю. Т. Общая фитопатология : учебное пособие / Ю. Т. Дьяков, С. Н. Еланский. – М. : Юрайт, 2016. – 240 с.
2. Роузброк, А. Глубокое обучение для компьютерного зрения с использованием Python : книга / А. Роузброк – М. : Юрайт, 2017. – 332 с.
3. Тарик, Р. Создаем нейронную сеть : книга / Р. Тарик. – Вильямс, 2018 – 272 с.
4. Obukhov, A. D. Automated organization of interaction between modules of information systems based on neural network data channels / A. D. Obukhov, M. N. Krasnyanskiy // Neural Computing and Applications. – 2021. – V. 33. – P. 7249 – 7269.

References

1. Dyakov, Yu. T. General phytopathology. Textbook / Yu. T. Dyakov, S. N. Elansky. – M. : Yurayt, 2016. – 240 p.
2. Adrian Rosebrock. Deep Learning for Computer Vision using Python. Book / Adrian Rosebrock. – M. : Urayt 2017. – 332 p.
3. Rashid Tariq. We create a neural network. Book / Rashid Tariq. – Williams, 2018 – 272 p.
4. Obukhov, A. D. Automated organization of interaction between modules of information systems based on neural network data channels / A. D. Obukhov, M. N. Krasnyanskiy // Neural Computing and Applications. – 2021. – V. 33. – P. 7249 – 7269.

С. В. Иванов, студент

Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ ПАРЕТО ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ ПО ФОТОМАТЕРИАЛАМ

Аннотация. Рассмотрен вопрос нахождения оптимальной конфигурации нейронной сети по распознаванию болезней растений по фотоматериалам, а также размера обучающего набора данных при помощи построения диаграммы Парето.

Ключевые слова: машинное зрение, сверточные нейронные сети, болезни растений, диаграмма Парето.

S. V. Ivanov, Student

Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

CONSTRUCTION OF A PARETO DIAGRAM FOR AN INTELLIGENT SYSTEM FOR DETERMINING PLANT DISEASES BASED ON PHOTOGRAPHIC MATERIALS

Abstract. The article considers the issue of finding the optimal configuration of a neural network for recognizing plant diseases from photographic materials, as well as the size of the training data set using the construction of a Pareto diagram.

Keywords: machine vision, convolutional neural networks, plant diseases, Pareto diagram.

В задаче распознавания болезней растений по фотоматериалам ключевое значение имеет сверточная нейронная сеть. Чем лучше она будет функционировать, тем точнее будет определять болезни, что, в свою очередь, сильно поможет работникам сельского хозяйства. На свойства нейронной сети влияет множество параметров, от удачного подбора значений которых зависит точность предсказаний.

При проектировании любой системы необходимо выявить самые важные критерии оптимизации, от величины которых будет зависеть эффективность и скорость ее работы [1]. После выбора критерия оптимизации необходимо определиться с варьируемыми параметрами (параметрами оптимизации), при изменении значений которых будет находиться новое значение критерия. Стоит отметить, что параметр оптимизации должен действительно влиять на критерий оптимизации, иначе следует выбрать другой параметр. Параметров оптимизации может быть несколько.

Все вышеперечисленное актуально для случая, когда при оптимизации системы выявлен один критерий оптимизации. В случае, когда критериев несколько, и они находятся в противоречии друг с другом, необходимо найти компромисс между ними. С этим может помочь построение области Парето.

Область Парето строится для того, чтобы найти множество оптимальных значений, которые бы удовлетворяли каждому из критериев оптимизации. Такое множество критериев называется областью недоминируемых значений, так как любая точка из этого множества будет являться решением оптимизационной задачи. Чтобы область Парето увидеть наглядно, строят диаграмму Парето.

Ядром проектируемой системы по распознаванию болезней растений по фотографиям их листьев является сверточная нейронная сеть. Система должна иметь возможность быстрого обучения на разных датасетах для ее гибкой настройки, и, в то же время, система должна выдавать достаточно точные предсказания, то есть хорошо распознавать болезни [2]. Как мы увидим далее, данные требования противоречат друг другу. Итак, целью построения диаграммы Парето в контексте текущей проектируемой системы является нахождение области недоминируемых решений, которые помогли бы найти компромисс между временем ее обучения и точностью предсказаний.

Для построения диаграммы Парето нужно выбрать критерии оптимизации и параметры оптимизации таким образом, чтобы между ними была связь. Рассмотрим проектируемую систему: она состоит из двух основных компонентов: сверточной нейронной сети и сайта. Оптимизация работы сайта хоть и достаточно важна, но далеко не так, как работа сверточной нейронной сети, так как она является ядром системы и от ее результатов зависит эффективность ее работы. Среди всех прочих свойств нейронной сети особое внимание стоит уделить скорости ее обучения. Скорость обучения очень важна, потому что чем она меньше, тем более гибкой будет нейронная сеть, тем больше задач она сможет решить, так как появится возможность ее быстрого обучения на разных датасетах. В итоге имеем первый критерий оптимизации – $R1$ (время обучения нейронной сети, мин), стремящийся к минимуму. Еще одним немаловажным свойством любой нейронной сети является функция ошибки. Благодаря этой функции можно оценить, насколько велика разница между выданными нейронной сетью предсказаниями и реальными значениями. Отсюда можно сделать вывод, что чем меньше будет функция потерь, тем лучше нейронная сеть будет справляться со своими задачами [3]. В итоге имеем еще один критерий оптимизации $R2$ (функция ошибки – среднее квадратичное отклонение), стремящийся к минимуму. В проектируемой системе используется функция среднее квадратичного отклонения MSE [4].

При выборе параметров оптимизации необходимо отталкиваться от того, что каждый из них должен влиять на каждый из критериев оптимизации $R1$ и $R2$, выбранных выше. Обучение любой нейронной сети происходит на каком-либо наборе данных (датасете). Как правило, от размера датасета напрямую зависит как скорость обучения, так и точность предсказаний нейронной сети (среднее квадратичное отклонение), что логично. В итоге имеем первый параметр оптимизации $X1$ – размер датасета (количество фотографий на один класс). Если углубиться в устройство сверточной нейронной сети, можно заметить, что она заканчивается обычной полносвязной нейронной сетью прямого распространения. В проектируемой системе сеть прямого распространения включает в себя один скрытый слой. Но с количеством нейронов в этом скрытом слое не так просто определиться, так как оно влияет и на время обучения в силу того, что чем больше нейронов, тем больше вычислений нужно будет

произвести при обучении, и, соответственно, больше времени затратить на обучение, так и на функцию ошибки, так как количество нейронов напрямую влияет на обучаемость нейронной сети. Вообще, количество нейронов в скрытом слое определяется эмпирическим путем для каждой задачи отдельно. В итоге удалось выявить еще один параметр оптимизации X2 – количество нейронов в скрытом слое полносвязной части нейронной сети.

В итоге, для проектируемой системы были выбраны критерии оптимизации R1 (время обучения нейронной сети, мин) $\rightarrow \min$ и R2 (функция ошибки) $\rightarrow \min$, а также параметры оптимизации X1 – размер обучающего набора данных (количество фотографий на один класс) и X2 – количество нейронов в скрытом слое полносвязной части нейронной сети.

После выбора критериев и параметров оптимизации необходимо произвести численный эксперимент. При каждом изменении любого из параметров оптимизации вычисляются критерии оптимизации, и результат записывается в таблицу.

В данном исследовании процесс оптимизации производился методом простого перебора параметров X1 и X2 с шагом: для критерия X1 – 100, для критерия X2 – 10. Значения X1 перебирались в пределах от 199 до 1899, значения X2 перебирались в пределах от 74 до 184. Полученные новые значения критериев R1 и R2 записывались в таблицу.

Далее точки из получившейся таблицы наносятся на график в системах координат, где осью x является R1, а осью y является R2. Учитывая то, что ищутся минимальные значения критериев оптимизации, далее строится график, который должен проходить по левому и нижнему краям построенных точек (рис. 1). Точки, по которым построен график, являются областью недоминируемых решений и рассматриваются далее для применения при проектировании системы. Каждая точка из данного множества является решением при выборе между скоростью обучения сети и точностью ее предсказаний.

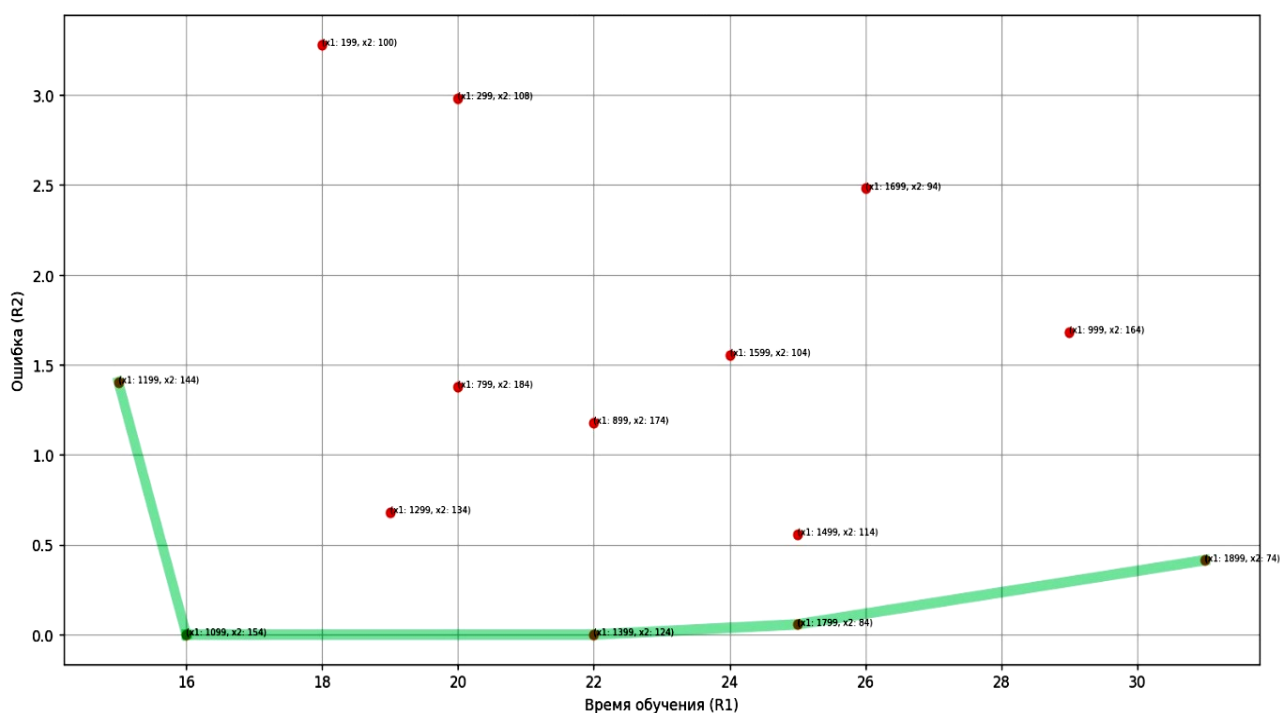


Рис. 1. Диаграмма Парето

Список источников

1. Литовка, Ю. В. Системы поддержки принятия решений : учебное пособие / Ю. В. Литовка, Д. С. Соловьев, А. Д. Обухов. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2022. – 80 с.
2. Роузброк, А. Глубокое обучение для компьютерного зрения с использованием Python : книга / А. Роузброк – М. : Юрайт, 2017. – 332 с.
3. Тарик, Р. Создаем нейронную сеть : книга / Р. Тарик. – Вильямс, 2018 – 272 с.
4. Obukhov, A. D. Automated organization of interaction between modules of information systems based on neural network data channels / A. D. Obukhov, M. N. Krasnyanskiy // Neural Computing and Applications. – 2021. – V. 33. – P. 7249 – 7269.

References

1. Litovka, Yu. V. Decision support systems. Textbook / Yu. V. Litovka, D. S. Soloviev, A. D. Obukhov. – Tambov : FGBOU VO “TSTU”, 2022. – 80 p.
2. Adrian Rosebrock. Deep Learning for Computer Vision using Python. Book / Adrian Rosebrock. – M. : Urayt 2017. – 332 p.
3. Rashid Tariq. We create a neural network. Book / Rashid Tariq. – Williams, 2018 – 272 p.
4. Obukhov, A. D. Automated organization of interaction between modules of information systems based on neural network data channels / A. D. Obukhov, M. N. Krasnyanskiy // Neural Computing and Applications. – 2021. – V. 33. – P. 7249 – 7269.

А. А. Кажияхметова¹, канд. техн. наук, магистр технических наук,
старший преподаватель,

А. Н. Омаров¹, канд. техн. наук, профессор, зав. кафедрой,

С. М. Ведищев², д-р техн. наук, профессор

¹Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет (Уральск, Казахстан);

²Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОМБИКОРМОВ НА ФЕРМАХ

Аннотация. Молочное скотоводство в России – ведущая и наиболее сложная отрасль животноводства. От крупного рогатого скота получают все производимое молоко. Конструктивное исполнение отдельных машин и оборудования рассчитано на многоуровневый (заводской) вариант их размещения и не могут быть эффективно использованы в небольших хозяйствах. Перенос производства непосредственно к источнику сырья и потребителю продукции уменьшает расходы на транспортировку и хранение продукции. Предлагается тихоходный смеситель с активным каналом обратного хода. В результате принятой схемы смесителя при заданном качестве смеси снижается время смешивания.

Ключевые слова: комбикорма, крупный рогатый скот, смеситель, энергозатраты.

A. A. Kazhiyakhmetova¹, Candidate of Technical Sciences,
Master of Technical Sciences, Senior Lecturer,

A. N. Omarov¹, Candidate of Technical Sciences, Professor, Head of the Department,

S. M. Vedishchev², Doctor of Technical Sciences, Professor

¹West Kazakhstan University of Innovation and Technology (Uralsk, Kazakhstan);

²Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

PROSPECTS FOR THE PREPARATION OF COMPOUND FEED ON FARMS

Abstract. Dairy cattle breeding in Russia is the leading and most complex branch of animal husbandry. All milk produced is obtained from cattle. The design of individual machines and equipment is designed for a multi-level (factory) version of their placement and cannot be effectively used in small farms. The transfer of production directly to the source of raw materials and the consumer of products reduces the cost of transportation and storage of products. A low-speed mixer with an active return channel is offered. As a result of the adopted mixer scheme, the mixing time is reduced at a given quality of the mixture.

Keywords: compound feed, cattle, mixer, energy consumption.

Введение. В Федеральной научно-технической программе развития сельского хозяйства на 2017 – 2025 гг., которая утверждена постановлением Правительства Российской Федерации № 996 от 25 августа 2017 г., в указе Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», а также в Федеральном законе «О развитии сельского хозяйства» и Стратегии национальной безопасности Российской Федерации, утвержденной

Указом Президента Российской Федерации от 31 декабря 2015 г. № 683 сформулировано направление развития агропромышленного комплекса на основе современных технологий.

В ходе реализации Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017 – 2025 годы (ФНТП) и государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 годы сохранилась положительная динамика развития сельского хозяйства [128]. При этом поставлена задача полностью обеспечить страну молоком собственного производства [17].

Материалы и методы. Молочное скотоводство в России – ведущая и наиболее сложная отрасль животноводства. В отрасли работают более 1,5 млн. человек – около 2% всех занятых [10].

От крупного рогатого скота получают все производимое молоко (98%) и около 40% мяса. Дальнейшее развитие скотоводства определяется необходимостью получения высокоценных продуктов питания (молока, говядины, телятины) на основе более полной реализации потенциальных возможностей животных. Это возможно достичь лишь при организации полноценного и рационального кормления животных [1].

Неоптимальное соотношение питательных компонентов в рационе животных по элементам питания ведет к снижению среднесуточного прироста их массы на 30...35% и увеличению затрат корма на единицу продукции на 50% [1]. Сбалансированные по питательным веществам корма позволяют на 15...20% повысить продуктивность животных по сравнению с использованием кормосмесей, сопоставимых с ними по общей питательности.

В структуре рационов крупного рогатого скота концентрированные корма составляют до 35%. Поэтому стоимостные и качественные показатели комбикорма играют основную роль в конечных результатах производства продукции животноводства [7, 14, 15].

Мировой опыт сельскохозяйственного производства показывает, что его эффективность во многом зависит от использования передовых технологий производства сельскохозяйственной продукции, оснащенности хозяйств машинами, их технологического уровня, надежности и качества [13].

В К(Ф)Х и ИП производится до 7% товарного молока со средним показателем товарности, равным 70% [9]. Материальная база таких хозяйств находится на невысоком уровне. Объемов производства молока у крупных производителей недостаточно для обеспечения потребностей перерабатывающей отрасли.

Большинство выпускаемого комбикормового оборудования было разработано и ориентировано на крупные промышленные заводы. Конструктивное исполнение отдельных машин и оборудования рассчитано на многоуровневый (заводской) вариант их размещения и не может быть эффективно использовано в небольших хозяйствах [2, 14].

Увеличение внутрихозяйственного производства комбикормов связано с возможностью быстрой реализации на практике без существенных государственных инвестиций [14]. В ближайшее десятилетие прогнозируется увеличение производства комбикормов более чем в 2 раза, при этом их производство непосредственно в хозяйствах составит около 46% от общего валового объема производства [14].

Перенос производства непосредственно к источнику сырья и потребителю продукции уменьшает расходы на транспортировку и хранение продукции в 5 – 10 раз [14]. При таком размещении обеспечивается тесная взаимосвязь между производством сырья, его переработ-

кой и потреблением [14]. При этом существенно снижется стоимость комбикормов за счет использования собственного, как правило, более дешевого сырья, наиболее полно и оперативно учитываются индивидуальные потребности в кормлении различных видов и половозрастных групп животных, обеспечивается собственный контроль качества комбикормов, причем на стадии его приготовления [14].

Применение устаревших технологий и оборудования, как правило, связано с повышением удельных затрат энергии, капиталовложений и себестоимости продукции. Однако, применение более качественных и при этом, более дорогих комбикормов, оправдано за счет снижения их расхода на единицу продукции, увеличивая продуктивность животных. Проблема снижения энергоемкости при производстве полнорационных комбикормов высокого качества является определяющей эффективности всего комбикормового производства [2, 14].

Качество смеси определяется точностью дозирования компонентов и равномерностью их распределения в объеме смеси [5, 16]. Смесители периодического действия, особенно при весовом дозировании, обеспечивают надлежащее качество смеси, однако наблюдаются высокие энергозатраты. Смесители непрерывного действия требуют существенно меньших энергозатрат, однако не всегда соблюдается рецептура смеси. Вызывает сложности переход на новый рецепт. Наиболее популярны в данный момент смесители периодического действия [4, 5, 16].

Многокомпонентность комбикормов, высокие требования к их качеству, обуславливают сложность выбора эффективного технологического оборудования для их смешивания. Создание условий для интенсификации процесса смешивания компонентов комбикормов и применение эффективных методов воздействия на компоненты является важнейшей задачей развития и совершенствования комбикормового оборудования [8]. Такая задача может быть решена внедрением прогрессивного технологического оборудования на базе новых конструкций рабочих органов, позволяющих интенсифицировать процесс смешивания компонентов комбикормов в смесителе периодического действия.

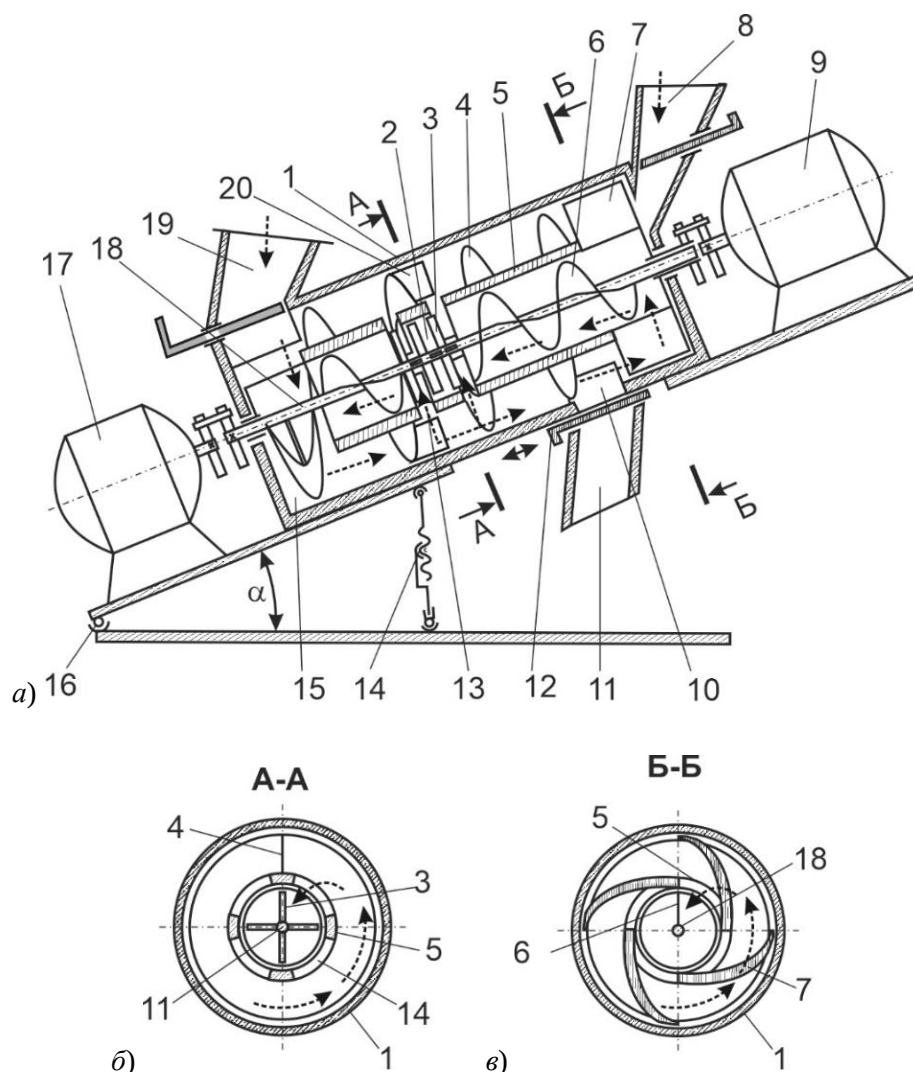
Объект и методы исследований. Поэтому совершенствование и разработка конструкции смесительного агрегата, определение рациональных параметров и режимов работы шнековых смесительных рабочих органов, обеспечивающих снижение удельных энергозатрат, при соблюдении показателей качества нормативам, является актуальной народнохозяйственной задачей.

В основу конструктивно-технологической схемы кормосмесителя были положены следующие решения:

- смешивающий орган, который представляет собой шнек, загрузочная и выгрузная части которого соединены каналом обратного хода;
- внутри канала обратного хода установлен дополнительный шнек с валом, имеющий участок пересыпания с плоскими лопатками вдоль вала;
- напротив лопаток в канале обратного хода имеются отверстия в виде щелей шириной, превышающей размер характерных частиц корма;
- напротив отверстий в канале обратного хода на валу шнека установлены плоские лопатки;
- в конце шнека закреплены тангенциально лопасти с наклоном навстречу движения корма;
- механизм изменения угла наклона корпуса к горизонту.

Предлагается тихоходный смеситель с активным каналом обратного хода [3, 6, 11, 12].
Схема этого смесителя приведена на рис. 1.

Технологический процесс работы смесителя осуществляется таким образом. Смешиваемые компоненты из многосекционного загрузочного бункера 19 поступают в загрузочную часть 15 корпуса 1. Одновременно добавки из бункера 8 подаются в канал 5 и затем дополнительным шнеком 6 в загрузочную часть 15 корпуса 1. Шнек 4 перемещает смешиваемые компоненты из загрузочной части 15 по наклонному корпусу 1 вверх к участку пересыпания, на котором часть корма захватывается плоскими лопатками 20 и через окна 13 частично пересыпается в канал 5 обратного хода на дополнительный шнек 6, а часть корма по наклонному корпусу шнеком 4 перемещается вверх к выгрузной части 10. При этом под действием шнековой навивки происходит перемешивание компонентов смеси.



**Рис. 1. Шнековый смеситель с активным каналом обратного хода
(патент РФ № 2705334, полезная модель РК № 6448):**

а – схема; *б* – разрез А-А; *в* – разрез Б-Б;

- 1 – корпус; 2 – участок пересыпания; 3 – лопатки; 4 – шнек; 5 – канал обратного хода;
6 – дополнительный шнек; 7 – тангенциальные лопатки; 8 – бункер добавок; 9, 17 – приводы;
10 – выгрузная часть шнека; 11 – выгрузной патрубков; 12 – заслонка; 13 – окна;
14 – винтовой механизм; 15 – загрузочная часть шнека; 16 – ось; 18 – вал;
19 – загрузочный бункер; 20 – плоские лопатки

В выгрузной части 10 шнека 4 кормовая смесь поднимается тангенциальными лопастями 7 и пересыпается в канал 5 обратного хода. Для исключения сегрегации при самопроизвольном пересыпании корма величина угла α наклона корпуса 1 устанавливается винтовым механизмом 14 меньше угла трения корма. Перемещение компонентов корма внутри канала 5 обратного хода от выгрузной части 10 к загрузочной части 15 происходит под действием дополнительного шнека 6 и вращения канала 5 обратного хода.

На участке 2 пересыпания под действием вращающихся лопаток 3 корм перемешивается с поступающим через окна 13 кормом из шнека 4 и по каналу 5 обратного хода перемещается в загрузочную часть 15 шнека 4.

Выводы. Таким образом образуются два циркулирующих и взаимопересекающихся кормовых потока: первый поток – от загрузочной части шнека 4 до окон 13, через которые на участок 2 пересыпания дополнительного шнека 6 и затем дополнительным шнеком к загрузочной части шнека 4; второй поток – от загрузочной части шнека 4 до тангенциальных лопаток 7, под действием которых корм пересыпается в дополнительный шнек 6 и затем дополнительным шнеком к загрузочной части шнека 4.

По окончании перемешивания открывается заслонка 12 и готовая смесь выгружается через патрубок 11.

В результате принятой схемы смесителя при заданном качестве смеси снижается время смешивания за счет разделения и соединения потоков кормовой смеси на участке пересыпания при движении по каналу обратного хода под действием лопаток в дополнительном шнеке и окон в канале обратного хода, а также взаимопроникновение потоков материала при движении кормосмеси под действием шнека от участка загрузки к участку выгрузки.

Список источников

1. Базонов, В. Н. Техничко-экономический анализ современного состояния свиноводства России / В. Н. Базонов, И. В. Базонов // Научно технический прогресс в животноводстве: Перспективная система машин – основа стратегии машинно-технологического обеспечения животноводства на период до 2010 г. : сб. научн. тр. ВНИИМТ. – 2009 – Т. 13(4.3). – С. 59 – 67.
2. Ведищев, С. М. Анализ малогабаритных комбикормовых агрегатов / С. М. Ведищев, А. А. Кажияхметова, Н. В. Хольшев [Электронный ресурс] // Импортзамещающие технологии и оборудование для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственного сырья : материалы I Всерос. конф. с междунар. участием ; под общ. ред. Ю. В. Родионова ; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019. – С. 135 – 151.
3. Обоснование конструкции смесителя по типу рабочего органа / С. М. Ведищев, Н. В. Хольшев, А. В. Прохоров, А. В. Брусенков // Инновационно-техническое обеспечение ресурсосберегающих технологий АПК : сб. науч. тр. Междунар. науч.-техн. конф. – Мичуринск : Изд-во Мичуринского госагроуниверситета, 2009. – С. 165 – 167.
4. Смеситель сухих рассыпных кормосмесей с активным каналом обратного хода / А. А. Кажияхметова, С. М. Ведищев, М. К. Бралиев, А. С. Иванов // Современная наука: теория, методология, практика : материалы III Всерос. (национальной) науч.-практ. конф., Тамбов, 13–14 апреля 2021 года. – Тамбов : Издательство ИП Чеснокова А. В., 2021. – С. 301 – 303.
5. Дозатор-смеситель сухих рассыпных кормосмесей / А. А. Кажияхметова, С. М. Ведищев, М. К. Бралиев и др. // Современная наука: теория, методология, практика : материалы III Всерос. (национальной) науч.-практ. конф., Тамбов, 13–14 апреля 2021 года. – Тамбов : Издательство ИП Чеснокова А. В., 2021. – С. 307 – 311.

6. Кажияхметова, А. А. Обоснование конструктивно-технологической схемы дозатора-смесителя сухих рассыпных кормосмесей / А. А. Кажияхметова, Д. Э. Смирнов, С. М. Ведищев // Современная наука: теория, методология, практика : материалы II Всерос. (национальной) науч.-практ. конф., 28–29 мая 2020 года. – Тамбов : Изд-во ИП Чеснокова А. В., 2020. – С. 249 – 252.
7. Концепции развития технологий, способов механизации и автоматизации процессов при производстве продукции животноводства на период до 2010 г. – Подольск : ВНИИМТ, 2002. – 104 с.
8. Марченко, А. Ю. Оптимизация конструктивно-режимных параметров цилиндрических винтовых барабанов для приготовления комбикормов : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / А. Ю. Марченко. – Краснодар, 2012. – 22 с.
9. Молочная отрасль – 2015 : справочник / сост. : А. С. Белов, А. А. Воронин, М. Э. Жебит и др. – М. : Национальный Союз производителей молока, 2016. – 376 с.
10. О коде и результатах реализации в 2017 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия 2013-2017 годы : Национальный доклад. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 344 с.
11. Пат. на изобретение № 2705334 РФ: МПК7 A01K 5/00 (2006.01) B01F 7/08 (2006.01). Смеситель для сыпучих кормов / Ведищев С. М., Завражнов А. И., Кажияхметова А. А. и др. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»). – № 2019106970 ; заявл. 13.03.2019; опубл. : 06.11.2019, Бюл. № 31 – 6 с.
12. Пат. на полезную модель № 6448 РК. Шнековый смеситель с каналом обратного хода [Электронный ресурс] / Биниязов А. М., Кажияхметова А. А., Захаров В. П. и др. ; заявитель и патентообладатель: Частное высшее профессиональное образовательное учреждение «Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет» (KZ). – № 2021/0182.2 ; заявл. 23.02.2021 ; опубл. 24.09.2021.
13. Прогнозно-аналитическое сопровождение инновационного развитие в сфере сельского хозяйства : сборник / под. общ. ред. В. Ф. Федоренко. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 504 с.
14. Ревякин, Е. Л. Опыт освоения современных технологий и оборудования для внутрихозяйственных комбинированных предприятия / Е. Л. Ревякин, В. И. Пахомов. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2009. – 80 с.
15. Савиных, П. А. Комбикормовой цех для сельскохозяйственного предприятия / П. А. Савиных, Ю. В. Селгучев, В. А. Казаков // Вестник ВНИИМЖ. – 2019. – № 1(33). – С.71 – 76.
16. Техническое обеспечение животноводства : учебник для вузов / А. И. Завражнов, С. М. Ведищев, М. К. Бралиев и др. ; под ред. академика РАН А. И. Завражнова // Лань : электронно-библиотечная система. – 2-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2022. – 516 с. – URL : <https://e.lanbook.com/book/201596> (дата обращения: 21.03.2022).
17. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 21.09.2018 г.).

А. Г. Красноперов, д-р с.-х. наук, доцент,
В. А. Зарудный, аспирант, **В. В. Бардаш**
Калининградский НИИСХ – филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»
(пос. Славянское, Калининградская область, Россия),

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КОРМОПРОИЗВОДСТВЕ

Аннотация. Представлен анализ развития отрасли кормопроизводства и актуальные направления научных исследований на примере Калининградской области.

Ключевые слова: инновационные технологии, кормовые культуры, Калининградская область.

A. G. Krasnoperov, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,
V. A. Zarudny, Graduate Student, **V. V. Bardash**
Kaliningrad RIA – FWRC FPA (Village Slavyanskoye, Kaliningrad region, Russia)

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN FEED PRODUCTION

Abstract. The article presents an analysis of the development of the feed industry and current directions of scientific research on the example of the Kaliningrad region.

Keywords: scientific research, fodder crops, Kaliningrad region.

Современная наука обязана давать ответы на новые вопросы, возникающие у аграриев. Цифровизация, точное земледелие, геозондирование из космоса насыщают аграрное производство инновационными технологиями и новыми профессиями. Сексированное семя практически в каждом регионе поднимает на качественно новый уровень племенное животноводство, в корне меняет оборот стада. Гибриды сменяют сорта, промышленная переработка в продукты приходит на смену первичной переработке сельхозпродукции, создаются аграрные индустриальные парки.

За последние 10 лет аграрный комплекс Калининградской области сделал существенный рывок в своем развитии. Стоимость произведенной продукции сельского хозяйства в фактических ценах в 2022 году составила 63,4 млрд руб., что почти на 5% выше уровня 2021 года и в 3 раза превышает уровень 2013 года (20,8 млрд руб.). Современная структура посевной площади региона сформирована в соответствии со складывающейся конъюнктурой экспортного и регионального потребительских рынков, активным развитием отрасли животноводства и действующей государственной поддержкой [1].

Общая посевная площадь в Калининградской области, с учетом озимого сева и многолетних трав, составила в 2023 году 303,8 тыс. га (на уровне 2022 года). В структуре посевной площади наибольший удельный вес (45%) занимают зерновые и зернобобовые культуры, 30% – кормовые культуры, 22% – технические культуры, 3% – овощи и картофель.

Особая роль в современном севообороте принадлежит правильному подбору культур и сортов, что позволяет повысить не только урожайность (вклад сорта в обеспечение уровня урожайности составляет 25...35%), но и сохранить и приумножить плодородие почвы и биомелиорацию [2].

В настоящее время на кормовые цели широко возделывается не более 25 видов. Несмотря на богатство природной флоры в кормовом полеводстве России до сих пор отсутствуют адаптивные и продуктивные кормовые растения. Общеизвестно, что на природных сенокосах и пастбищах произрастает около 11 тыс. видов растений, или более половины всего состава флоры, но лишь 3% от числа поедаемых используется в посевах. Более 400 видов еще заслуживает испытания и оценки в культуре. Более 70% всей площади сельскохозяйственных угодий Калининградской области вовлечены в сферу кормопроизводства, однако обеспеченность скота кормами остается недостаточной и не превышает 2,5 тыс. т кормовых единиц на условную голову скота. Калининградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Федерального государственного научного учреждения Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса (далее – КНИИСХ) является единственным научным учреждением в регионе, который проводит фундаментальные, прикладные и поисковые научные исследования и занимается современными проблемами кормопроизводства [2 – 4].

Наши исследования направлены на экологически и экономически оправданные решения в области традиционных и новых кормовых ресурсов, которые бы повысили общую конверсию корма за счет внедрения в широкую практику новейших сортов кормовых культур, их апробацию и сортоиспытание, размножение и первичное семеноводство. КНИИСХ производит более 20 видов и 30 сортов новых, широко не применяемых культур, что в сложившихся санкционных условиях и эксклавного положения региона имеет стратегический характер.

Корнаж и безвыгульные системы содержания скота ставят перед отраслью кормопроизводства новые вопросы сохранения силоса, применения передовых отечественных консервантов силоса. Биотехнология и выведение новых штаммов полезных бактерий способны давать отдачу от производства ризоторфина и культур клубеньковых бактерий до решения такой важной задачи как обеспечение молочной промышленности молочнокислыми культурами. Изменение климата дает новые надежды для растениеводов – новые сорта и гибриды овощных и продовольственных культур приходят на смену старым [5, 6].

Очень важна труднейшая проблема накопления резистентности к действию средств защиты растений. Научно обоснованные севообороты, применение сидеральных паров и биологических средств защиты растений, использование энтомофагов в интенсивных садах способны экономить хозяйствам значительные объемы средств.

Команда ученых КНИИСХ ежегодно проводит демонстрационные посевы новых сортов и культур на своих полях, обучает фермеров новым агротехническим приемам, популяризирует бинарные и смешанные посевы из средообразующих и сидеральных культур. Изменение климата в Калининградской области позволило вернуться к перспективным работам по подзимнему севу – мы высеем яровые культуры зерновых после озимого сева, в ноябре-декабре, пока не промерзла почва, тем самым сокращая сроки весенней посевной кампании, повышая урожайность яровых культур и перенося жатву в более ранний сухой период конца лета.

Отдельным направлением работы является повышение плодородия почв за счет биологической мелиорации – изучение различных по назначению сидеральных смесей, таких как люпино-фацеливые, горчишно-люпиновые, которые позволяют оздоровить почву, привлечь рассы полезных насекомых, хищных ос для контроля распространения вредителей [7].

Попутно вносится вклад в консервацию углерода – наши исследования показывают, что на каждый гектар люпинового сидерального пара приходится связывание 4 т молекулярного углерода в гумусовые комплексы фульвокислот, т.е. углерод консервируется в глубоких анаэробных слоях почвы [8].

Заменой синтетических кормовых антибиотиков могут стать фитобиотики – биологически активные вещества, обладающие антибиотическими свойствами. Научное изучение свойств растений, содержащих фитобиотические компоненты, использование современных технологий для получения и стандартизации этих компонентов, их экспериментальная и производственная апробация позволят широко применять растительные экстракты в кормлении животных в качестве биологически активных добавок последнего поколения на основе сырья естественного происхождения.

В условиях интенсивных технологий животноводства фитобиотики нивелируют такие явления, как снижение иммунного и антиоксидантного статуса животных, обеспечивают повышение всех видов продуктивности за счет улучшения потребления, переваримости, усвояемости кормов, нормализации кишечной микрофлоры и гомеостаза в целом.

Применение фитобиотиков в полной мере соответствует идеологии экологически чистого сельскохозяйственного производства и задачам улучшения качества жизни населения [9].

Например, крапива – кладезь витаминов, ферментных комплексов и фитобиотиков наряду с высоким содержанием метионина и лизина в зеленой массе. Исследования КНИИСХ по доместификации и использованию крапивы как кормовой культуры вызвали огромный интерес в отраслевом научном сообществе, статьи на эту тему были напечатаны в международных журналах первого квартала [10].

В целом, государственная научно-техническая политика в интересах развития сельского хозяйства, Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства создают условия для эффективного развития аграрной науки и устойчивого развития агропромышленного комплекса.

Впервые за последние 20 лет, в 2022 году учеными КНИИСХ были выведены 3 новых сорта кормовых культур интенсивного типа производства для условий Калининградской области. Доминирующим направлением селекции на ближайшую перспективу стала экологическая направленность, предусматривающая хорошее развитие признаков, ответственных за общую адаптивность растений к условиям выращивания, отвечающая требованиям производства и позволяющая снизить затраты на возделывание.

Практика показала, что уровень урожайности озимого ячменя зависит от зимостойкости, устойчивости к полеганию и болезням. Долгое время все попытки объединить эти признаки в одном генотипе оказывались безуспешными. В связи с биологическими особенностями ячменя очень сложно найти желаемое сочетание зимоморозостойкости, засухоустойчивости с устойчивостью к полеганию и болезням.

Выведенный совместно с учеными из ООО «Агростандарт» новый сорт озимого ячменя «Сладь» обладает вышеперечисленными достоинствами (рис. 1).

Сорт обладает повышенной урожайностью, крупным зерном, повышенной засухоустойчивостью в сравнении с другими районированными сортами. Высота растения 100 см. Средняя урожайность зерна за годы испытания (2020 – 2022) составила 100,1 ц/га.

Масса 1000 зерен 45,7 г. Число зерен в колосе (метелке) – 54 шт. Содержание сырого протеина 10,7%. Вегетационный период составляет 248 дней, что на 3 дня меньше лучшего сорта Каррера. Продуктивная кустистость – 3,4.



Рис. 1. Озимый ячмень «Сладь» (*Hordeum vulgare* L. var. *Palladium*)

Зимостойкость сорта для озимых культур – 100%.

Устойчивость к вымоканию и выпреванию – 5 баллов.

Сорт «Сладь» обладает хорошей полевой устойчивостью к карликовой ржавчине и мучнистой росе, устойчив к головневым заболеваниям.

Второй новый сорт кормовых культур – клевер гибридный Сорт Славянский (рис. 2).



Рис. 2. Клевер гибридный. Сорт Славянский (*Trifolium hybridum* L.)

В настоящее время в регионе выращиваются сорта этой культуры, которые были созданы более 60 лет назад.

Основные задачи, которые были поставлены перед выведением сорта – это высокая урожайность, высокая устойчивость к болезням, характерным для Калининградской области, возможность получения 2–3 укосов на протяжении 3–4 лет.

Продуктивность нового сорта была запланирована на уровне 10...14 т на гектар сухого вещества. Сорт предназначен для сенокосно-пастбищного использования.

Третий сорт – Фестулолиум Сорт Калининградский ВИК получен из материала от свободной гибридизации четырех селекционных сортов (ВИК 90 – материнская форма, отцовские – Гипаст, Фелима, и Фойтан) с последующим отбором линий по комплексу хозяйственно ценных признаков – продуктивность зеленой массы, семенная продуктивность, и повторным опылением теми же опылителями (рис. 3).



Рис. 3. Фестулолиум (*Festulolium* Aschers. et Graebn.) Сорт Калининградский ВИК

В дальнейшем образцы прошли предварительное испытание и отбор на полях Института кормов, а лучшие 3 были испытаны в КНИИСХ. Главным показателем стала устойчивость к местным штаммам основных заболеваний. В результате новый сорт обладает повышенной продуктивностью (602 ц/га зеленой массы и 143 ц/га сена, при содержании сырого протеина 14,2% при достаточном внесении азотных удобрений). На протяжении всего периода выращивания (3–4 года) сорт был более устойчив к заболеваниям в среднем на 25%, а семенная продуктивность выше на 15%.

В заключении необходимо отметить, что российская аграрная отрасль находится в отличной форме – проведена масштабная модернизация основных производственных фондов, построены критические объекты инфраструктуры, компании перешли на новые технологии производства, земледелие использует ресурсосберегающие технологии. Но главный ароморфоз – к управлению сельскохозяйственными предприятиями пришла молодежь, способная быть мобильной и проактивной, умеющая договариваться, понимающая искусство торговли и приветствующая перемены.

Список источников

1. Зарудный, В. А. Факторы укрепления продовольственной безопасности и активации процессов импортозамещения в Калининградской области / В. А. Зарудный // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 1. – С. 9 – 12.
2. Красноперов, А. Г. Ключевая роль средообразующих и сидеральных культур в севооборотах Калининградской области / А. Г. Красноперов, В. А. Зарудный, М. А. Пятаков // Кормопроизводство. – 2022. – № 10. – С. 9 – 13.
3. Руководство по ресурсосберегающим технологиям и приемам улучшения сенокосов и пастбищ в Калининградской области / Н. И. Буянкин, А. Г. Красноперов, З. Н. Федорова и др. – Калининград, 2016 – 112 с.
4. Эффективность использования экструдированного зерна люпина и кормовых бобов в рационах коров Калининградской области / В. А. Зарудный, Ю. Г. Ткаченко, А. Б. Дельмухаметов и др. // Адаптивное кормопроизводство – 2022. – № 4. – С. 61 – 69.
5. Достижения отечественной селекции в создании сортов из древних видов пшеницы / С. Т. Темирбекова, М. Ш. Бегеулов, А. Г. Красноперов и др. // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2022. – № 5. – С. 4 – 8.
6. Красноперов, А. Г. Новый вид клевера (*Trifolium rannonicum jacq.*) для кормопроизводства Калининградской области / А. Г. Красноперов, Н. И. Буянкин, Н. Ю. Чекстер // Кормопроизводство. – 2018. – № 7. – С. 25 – 30.
7. Красноперов, А. Г. Фитосанитарное регулирование в смешанных бобово-злаковых посевах Калининградской области / А. Г. Красноперов, Н. И. Буянкин // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31, № 7. – С. 52 – 54.
8. Krasnopyorov, A. G. Carbon farming in the kaliningrad region / A. G. Krasnopyorov, V. A. Zarudnyi // Journal of Agriculture and Environment. – 2023. – No. 5(33).
9. Красноперов, А. Г. Баланс органического вещества дерново-подзолистой почвы в севооборотах со средообразующими и сидеральными культурами / А. Г. Красноперов, В. А. Зарудный, М. А. Пятаков // АгроЭкоИнфо. – 2023. – № 2(56).
10. Observations on the productivity of breeding specimens of *urtica dioica* l. From european russian ecotopes in comparison with the breeding variety under field crop conditions / V. M. Kosolapov, V. I. Cherniavskih, E. V. Dumacheva, et al. // Agronomy. – 2022. – V. 12, No. 1.

References

1. Zarudny, V. A. Factors of strengthening food security and activation of import substitution processes in the Kaliningrad region Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy. – 2023. – No. 1. – P. 9 – 12.
2. Krasnoperov, A. G. The key role of environment-forming and green manure crops in crop rotations of the Kaliningrad region / Krasnoperov A. G., Zarudny V. A., Pyatakov M. A. // Feed production. – 2022. – No. 10. – P. 9 – 13.
3. Guidelines on resource-saving technologies and methods for improving hayfields and pastures in the Kaliningrad region / Buyankin N. I., Krasnoperov A. G., Fedorova Z. N., Volkova I. A., Volkov K. V. – Kaliningrad, 2016. – 112 p.
4. Efficiency of using extruded grain of lupine and fodder beans in the diets of cows of the Kaliningrad region / Zarudny V. A., Tkachenko Yu. G., Delmukhametov A. B., Bliadze V. G., Nemychenko O. S. // Adaptive feed production. – 2022. – No. 4. – P. 61 – 69.
5. Achievements of domestic breeding in the creation of varieties from ancient wheat species / Temirbekova S. T., Begeulov M. Sh., Krasnoperov A. G., Afanaseva Yu. V., Kalashnikova E. A., Merkuriev N. V., Sardarova I. I., Tumaeva T. A. // Bulletin of Russian agricultural science. – 2022. – No. 5. – P. 4 – 8.

6. Krasnoperov, A. G. A new type of clover (*Trifolium pannonicum* jacq.) for fodder production in the Kaliningrad region / Krasnoperov A. G., Buyankin N. I., Chekster N. Yu. // Forage production. – 2018. – No. 7. – P. 25 – 30.
7. Krasnoperov, A. G. Phytosanitary regulation in mixed legume-cereal crops of the Kaliningrad region / Krasnoperov A. G., Buyankin N. I. // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. – 2017. – V. 31, No. 7. – P. 52 – 54.
8. Krasnopyorov, A. G. Carbon farming in the kaliningrad region / Krasnopyorov A. G., Zarudnii V. A. // Journal of Agriculture and Environment. – 2023. – No. 5(33).
9. Krasnoperov, A. G. Balance of organic matter of soddy-podzolic soil in crop rotations with environment-forming and green manure crops / Krasnoperov A. G., Zarudny V. A., Pyatakov M. A. // AgroEcoInfo. – 2023. – No. 2(56).
10. Observations on the productivity of breeding specimens of *urtica dioica* l. From european russian ecotopes in comparison with the breeding variety under field crop conditions / Kosolapov V. M., Cherniavskih V. I., Dumacheva E. V., Dumachev D. V., Zarudny V. A., Mazur K., Konieczna A., Tseiko L. // Agronomy. – 2022. – T. 12, No. 1.

М. А. Кулдошин, магистрант, **В. С. Левин**, магистрант,
А. В. Прохоров, канд. техн. наук, доцент
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

АНАЛИЗ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ ТРАКТОРОВ, НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ В ХОЗЯЙСТВАХ АПК

Аннотация. Проведен анализ подшипниковых узлов тракторов, наиболее распространенных в хозяйствах агропромышленного комплекса.

Ключевые слова: подшипниковые узлы, анализ подшипниковых узлов тракторов, количественный анализ подшипников.

M. A. Kuldoshin, Master's Student, **V. S. Levin**, Master's Student,
A. V. Prokhorov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

ANALYSIS OF TRACTOR BEARING ASSEMBLIES, THE MOST COMMON AGRICULTURAL ENTERPRISES

Abstract. The analysis of bearing units of tractors, the most common in the farms of the agro-industrial complex, is carried out.

Keywords: bearing assemblies, analysis of tractor bearing assemblies, quantitative analysis of bearings.

Введение. Простой сельскохозяйственной техники в особо напряженные периоды может обернуться весьма значительными потерями как урожая, так и прибыли, получаемой сельскохозяйственной организацией.

Материалы и методы. На сегодняшний день наиболее востребованы из отечественных моделей тракторов в сельскохозяйственных предприятиях – МТЗ-1221, МТЗ-80.1/82.1, К-744Р1 и Т-150К [1]. Количественный анализ подшипников разных типов тракторов указанных марок представлен в табл. 1 [2].

Как видим из табл. 1, роликовые конические подшипники в разных марках тракторов составляют 18,23%, шариковые радиальные подшипники – 48,70%, шариковые радиально-упорные – 6,51%, другие – 26,56% от их общего количества. Поскольку основную часть составляют роликовые конические и шариковые подшипники, необходимо провести их более основательные исследования на предмет разработки параметрического ряда съемников [3].

Анализируя гистограмму, представленную на рис. 1, следует отметить следующее: на тракторах марки МТЗ-1221 установлен 54 шариковый радиальный и 26 роликовых конических подшипников; на МТЗ-80.1/82.1 установлено 35 шариковых радиальных и 13 роликовых конических подшипников; на К-744Р1 – 33 шариковых радиальных и 23 роликовых конических подшипников; на тракторе Т-150К – 80 шариковых радиальных и 11 роликовых конических подшипников [4].

1. Количественный анализ подшипников разных типов

Марка трактора	Тип подшипника				Вместе
	роликовый конический	шариковый радиальный	шариковый радиально-упорный	другие	
MT3-1221	26	54	4	18	102
MT3-80.1/82.1	13	35	4	12	64
K-744P1	23	33	7	47	110
T-150K	11	80	3	8	102
Всего	73	202	18	85	378

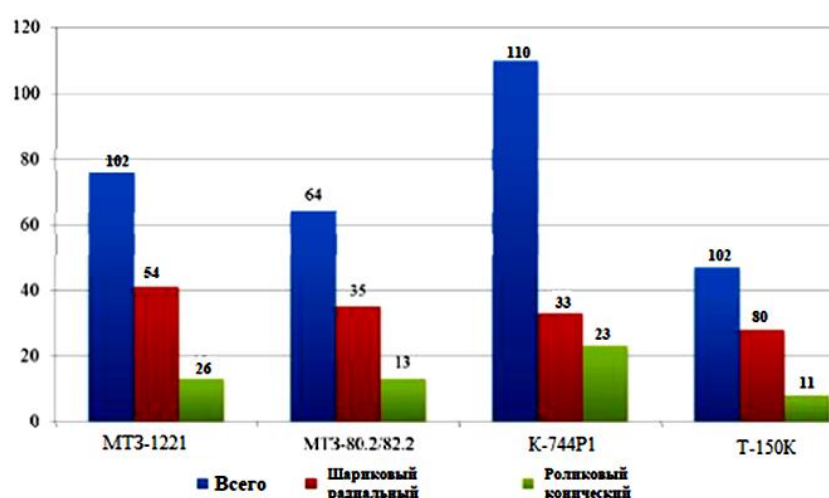


Рис. 1. Гистограмма количественной характеристики подшипников тракторов

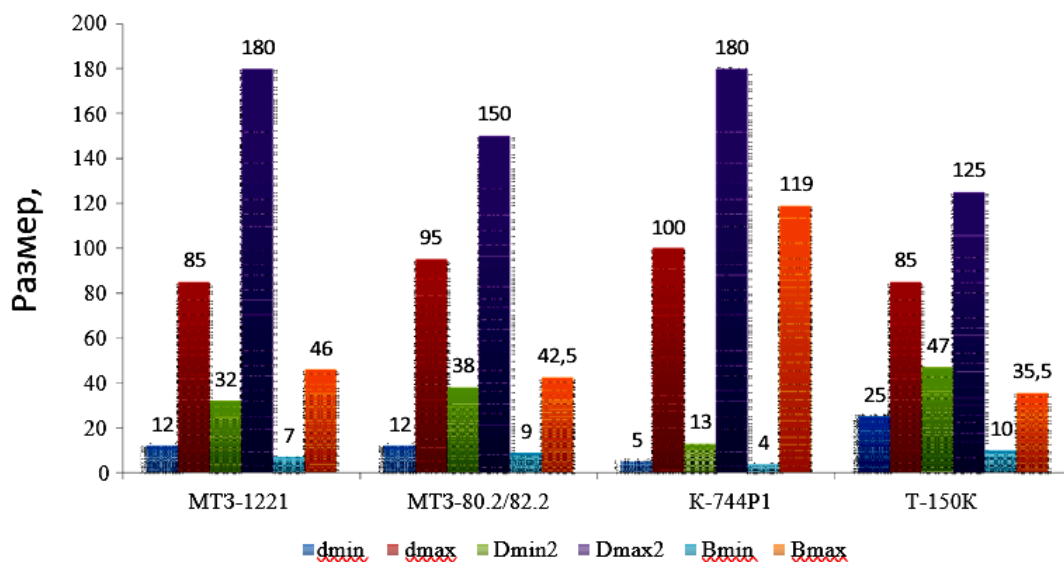
Рассмотрим размерные ряды роликовых и шариковых подшипников радиальных, определив их геометрические параметры в табл. 2.

2. Основные геометрические параметры подшипников

Марка трактора	Геометрический параметр подшипника, мм		
	внутренний диаметр, d min-max	внешний диаметр, D min-max	ширина, B min-max
<i>Шариковые радиальные</i>			
MT3-1221	12...85	32...180	7...41
MT3-80.2/82.2	12...95	38...150	11...28
K-744P1	7...75	13...140	9...119
T-150K	25...85	47...125	10...25
Во всех моделях	5...95	13...180	7...119
<i>Роликовые конические</i>			
MT3-1221	30...80	62...140	14...46
MT3-80.2/82.2	17...75	30...110	9...42,5
K-744P1	25...100	39...180	16...51
T-150K	25...60	62...110	18,5...35,5
Во всех моделях	17...100	30...180	9...51

Из таблицы 2 видно, что внутренний диаметр подшипников во всех моделях рассматриваемых тракторов лежит в пределах 5...100 мм, наружный диаметр – в пределах 13...180 мм и ширина – 7...119 мм.

Проведя количественный анализ подшипников и их геометрических параметров, можно осуществить общую сравнительную характеристику всех рассматриваемых тракторов, изображенную в виде гистограммы (см. рис. 2) [5. 6].

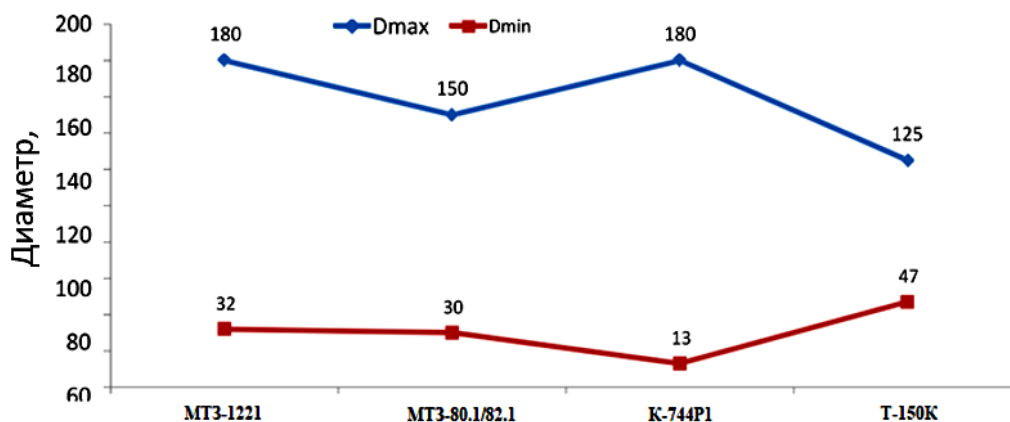


Марка трактора

Рис. 2. Гистограмма размерных параметров тракторов подшипников

Количество установленных шариковых радиальных подшипников значительно превосходит количество роликовых конических на всех марках тракторов.

Для более детального сравнения составим график размерных параметров диаметров наружных колец подшипников (рис. 3) и график размерных параметров ширины колец подшипников тракторов (рис. 4).



Марка трактора

Рис. 3. Диапазон изменения геометрических параметров подшипников тракторов по наружному диаметру подшипника

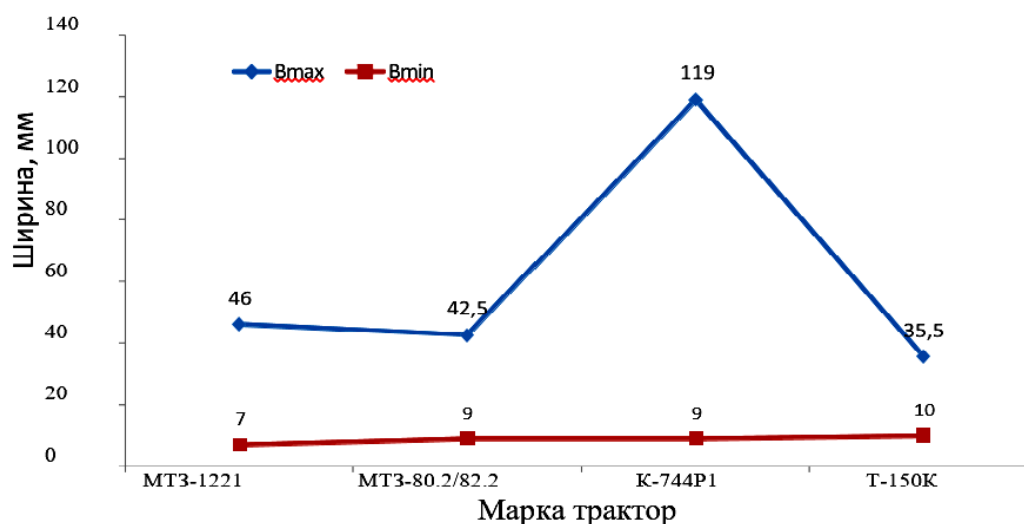


Рис. 4. Диапазон изменения геометрических параметров тракторов подшипников по ширине подшипника

Прежде всего, рассмотрим группу подшипников самого распространенного размерного ряда, применяемых на разных моделях тракторов [7]. Рассматривая совокупность приведенных моделей тракторов диапазон разводки захватчиков для демонтажа подшипников с вала составляет 167 мм (от 13 до 180 мм), а для демонтажа подшипников из корпусных деталей – 95 мм (от 5 до 100 мм).

Список источников

1. Основы ремонта сельскохозяйственной техники. Практикум : учебно-методическое пособие / сост. : В. Е. Тарасенко и др. – Минск : БГАТУ, 2022. – 348 с.
2. Авдеев, М. В. Технология ремонта машин и оборудования / М. В. Авдеев, Е. Я. Воловик, И. Е. Ульман. – М. : Агропромиздат, 1986. – 247 с.
3. Бейзельман, Р. Д., Подшипники качения : справочник / Р. Д. Бейзельман, Б. В. Цыпкин, Л. Я. Перель. – Изд. 6-е, перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1975. – 572 с.
4. Гайдамака, А. В. Подшипники качения. Базовые знания и направления усовершенствования : учебное пособие / А. В. Гайдамака. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2009. – 248 с.
5. Технология производства и ремонта машин в АПК : учебное пособие / А. И. Завражнов, М. К. Бралиев, С. М. Ведищев и др. – Уральск : Зап-Каз. агр.-техн. ун-т им. Жангир хана, 2016. – 241 с.
6. Горохов, В. А. Справочник сельского ремонтника / В. А. Горохов. – М. : Россельхозиздат, 1975. – 383 с.
7. Ачкасов, К. А. Прогрессивные методы ремонта сельскохозяйственной техники / К. А. Ачкасов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Колос, 1984. – 271 с.

Е. Б. Ложкина^{1,2}, аспирант, **А. Ю. Конев¹**, аспирант, **А. А. Терехов¹**, аспирант,
Н. С. Рзянин¹, магистрант, **А. Г. Павлов¹**, канд. с.-х. наук, доцент

¹Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия);

²Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, (Тамбов, Россия)

КОЭФФИЦИЕНТ БОКОВОГО РАСПОРА КОМБИКОРМА

Аннотация. Предложена установка и описана методика для исследования коэффициента бокового распора в ячейке барабанного дозатора. Усилие трения корма о торцевую стенку дозатора в зоне загрузки зависит от высоты слоя корма в бункере, коэффициентов бокового распора и трения корма о стенку дозатора. Коэффициент бокового давления находили по отношению нормального давления к боковому. Исследования коэффициента бокового давления проводили на сухом рассыпном комбикорме и влажной мешанке.

Ключевые слова: барабан, давление, корм, коэффициент бокового распора, установка.

E. B. Lozhkina^{1,2}, Postgraduate Student, **A. Yu. Konev¹**, Postgraduate Student,
A. A. Terekhov¹, Postgraduate Student, **N. S. Rzyanin¹**, Undergraduate Student,
A. G. Pavlov¹, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

¹Tambov State Technical University (Tambov, Russia);

²The All-Russian Scientific Research and Design Technology Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, (Tambov, Russia)

THE COEFFICIENT OF LATERAL EXPANSION OF COMPOUND FEED

Abstract. The authors proposed a device and described the methodology for the study of the coefficient of lateral thrust in the cell drum dispenser. The energy cost of the drive drum dispenser is made up of costs in the areas of loading, transporting, unloading and waiting, with the highest value of the loading area when filling the cells with feed. The coefficient of lateral pressure was calculated as ratio of normal pressure to the side pressure. The studies of the lateral pressure coefficient were carried out on dry skirmishing compound feed and wet mash.

Keywords: drum, pressure, feed, lateral thrust coefficient, cell.

Введение. На эффективное использование в технологических линиях дозаторов и распределителей сыпучих материалов оказывают влияние размерные (расходные) характеристики, конструктивные особенности, варианты размещения в пространстве, виды и свойства сыпучих материалов, условия компоновки и привязки к основному технологическому оборудованию, конструктивные особенности, определяющие технологии изготовления и виды используемых материалов (комплектующих) [3, 5].

Объект и методы исследований. В общей структуре затраты энергии на процесс дозирования кормов являются существенными. Они складываются из затрат в зоне загрузки, транспортирования, выгрузки и ожидания, из которых наибольшая величина приходится на затраты мощности в зоне загрузки [1, 3].

Корм, поступающий из бункера в дозатор, заполняет ячейку и прижимается к торцевой стенке барабанного дозатора [1, 3]. Величина давления на торцевую стенку определяется коэффициентом бокового распора и является одним из факторов, влияющим на энергоемкость дозатора. Момент сил трения, приведенный к валу барабанного дозатора, в поверхности раздела дозируемый материал – торцевая стенка дозатора зависит от вертикального усилия высоты слоя материала в бункере, коэффициента бокового распора и коэффициента трения о стенку дозатора. Величина коэффициента бокового давления зависит от гранулометрического состава, плотности, влажности дозируемого материала. Поэтому получить аналитические зависимости, описывающие взаимосвязь этих параметров не всегда возможно [4, 5].

Для экспериментального исследования коэффициента бокового распора была разработана установка (рис. 1). Она состоит из вала 9 с дисками трения 6 и 8, между которыми установлена фрикционная шайба 7. В стенке бункера 2 установлен съемный подвижный элемент 5, жестко соединенный с диском трения 6 стойками 12. От высыпания кормового материала из бункера предохраняет эластичная диафрагма 13. Для большего соответствия опытных данных действительности элемент 5 имеет форму и размеры, соответствующие форме торцевой грани ячейки дозатора [2, 3].

Опыты проводили следующим образом. На предварительно заполненный и выровненный до высоты H_0 исследуемый материал в бункере загружали взвешенную порцию $G_{гр}$. Затем сверху клали уплотнительную пластину 3 и последовательно нагружали грузом 4. При каждом интервале нагрузки определяли усилие проворачивания шкива 10.

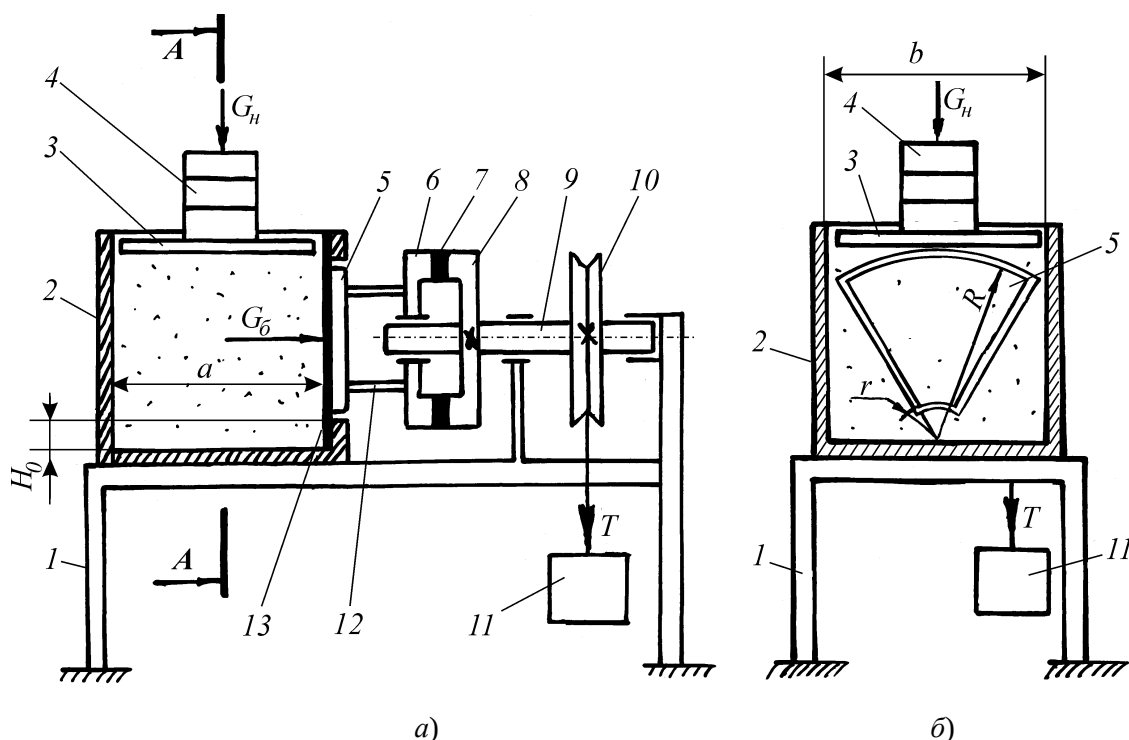


Рис. 1. Схема установки для исследования коэффициента бокового распора:

a – вид с боку; b – разрез А-А;

1 – стойка; 2 – бункер; 3 – прижимная пластина; 4 – груз; 5 – подвижный элемент;
6, 8 – диски трения; 7 – фрикционная шайба; 9 – вал; 10 – шкив; 11 – грузовая чашка;
12 – стойка; 13 – эластичная диафрагма

Коэффициент бокового давления определяли из соотношения:

$$k_{\text{б}} = \frac{\sigma_{\text{н}}}{\sigma_{\text{б}}}, \quad (1)$$

где $\sigma_{\text{н}}$ – нормальное давление, Па; $\sigma_{\text{б}}$ – боковое давление, Па.

Нормальное давление определим по выражению:

$$\sigma_{\text{б}} = \frac{(G_{\text{к}} + G_{\text{пл}} + G_{\text{гр}})g}{S_{\text{осн}}} = \frac{(G_{\text{к}} + G_{\text{пл}} + G_{\text{гр}})g}{ab}, \quad (2)$$

где $G_{\text{к}}$, $G_{\text{пл}}$, $G_{\text{гр}}$ – масса соответственно взвешенной порции корма, пластины и груза, кг; $S_{\text{осн}}$ – площадь дна бункера, м²; a , b – длина и ширина бункера, м.

Боковое давление найдем по формуле:

$$\sigma_{\text{н}} = \frac{G_{\text{б}}}{S_{\text{я}}}, \quad (3)$$

где $G_{\text{б}}$ – усилие на подвижном элементе, Н; $S_{\text{я}}$ – площадь подвижного элемента, м².

Усилие на подвижном элементе найдем по выражению:

$$G_{\text{б}} = TK_{\text{пр}}g, \quad (4)$$

где T – масса грузовой чашки, кг; $K_{\text{пр}}$ – коэффициент прибора.

Площадь ячейки определим по формуле

$$S_{\text{я}} = \frac{\pi(R^2 - r^2)}{z_{\text{я}}}, \quad (5)$$

где R – наружный радиус барабана, м; r – радиус вала барабана, м; $z_{\text{я}}$ – количество ячеек в барабане, шт.

Подставим (4) и (5) в формулу (3), а затем формулы (2) и (3) в соотношение (1). После преобразования получим

$$k_{\text{б}} = \frac{(G_{\text{к}} + G_{\text{пл}} + G_{\text{гр}})\pi(R^2 - r^2)}{abTK_{\text{пр}}z_{\text{я}}}. \quad (7)$$

Результаты исследований. Исследования проводились на рассыпном комбикорме ($W = 12,7\%$). Для рассыпного комбикорма значения коэффициента бокового распора находилась в пределах $k_{\text{б}} = 0,305 \pm 0,022$.

Выводы. Рассмотрены научно-технические основы по влиянию коэффициента бокового распора на энергозатраты барабанного дозатора. Описан механизм образования бокового давления в ячейке барабанного дозатора с подвижными элементами. Разработана установка и методика исследования коэффициента бокового давления. Получены численные значения коэффициента бокового давления для рассыпного комбикорма в пределах $k_{\text{б}} = 0,305 \pm 0,022$.

Список источников

1. Ведищев, С. М. Дозатор кормов / С. М. Ведищев, В. Т. Щедрин / Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 1995. – № 5,6. – С. 15 – 17.
2. Ведищев, С. М. Скребковый дозатор / С. М. Ведищев, А. В Прохоров // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2014. – № 4. – С. 12–13.
3. Ведищев, С. М. Управление подачей барабанного дозатора / С. М. Ведищев, Н. О. Миллюков, Н. В. Хольшев // Наука в центральной России. – 2015. № 1(13). – С. 5 – 11.
4. Механизация приготовления кормов [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 ч. / С. М. Ведищев, В. П. Капустин, Ю. Е. Глазков и др. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015.
5. Тишанинов, Н. П. Обоснование конструктивно-технологической схемы делителя потока сыпучих материалов с изменяемым соотношением расходов отводимых потоков / Н. П. Тишанинов, А. В. Анашкин, К. Н. Тишанинов // Наука в центральной России. – 2013. – № 6. – С. 15 – 21.

А. О. Сухова, канд. техн. наук, доцент, **Р. М. Маматказин**, студент
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОДНОРАЗОВОЙ ПОСУДЫ ИЗ ПЛОДОВО-ОВОЩНОГО ЖМЫХА

Аннотация. Представлена технология изготовления экологичного аналога одноразовой пластиковой посуды из плодовоовощного жмыха.

Ключевые слова: пластиковые отходы, съедобная посуда.

A. O. Sukhova, Ph. D., Associate Professor, **R. M. Mamatkazin**, Student
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR THE MANUFACTURE OF DISPOSABLE TABLEWARE FROM FRUIT AND VEGETABLE CAKE

Abstract. The article describes the technology of preparing an eco-friendly analogue of disposable plastic tableware from fruit and vegetable cake.

Keywords: plastic waste, edible tableware.

На сегодняшний день одной из самых актуальных экологических задач является сокращение объемов отходов и переход к «экономике замкнутого цикла» [1].

Значительно количество именно пластиковых отходов, так как пластиковый упаковочный материал и одноразовая посуда нашли широкое применение во всех сферах производства и потребления.

Пластиковые отходы наносят весомый вред окружающей среде. Сортировка, извлечение и дальнейшая утилизация пластика достаточно трудоемкий процесс, поэтому большая часть этих отходов отправляется на захоронение, что требует выделения земель под полигоны. Кроме того, огромное количество пластика попадает в природную среду, где из-за большого времени разложения остается в ней на сотни лет, при этом разрушая экосистемы и негативно влияя на организмы [2].

Ежегодно на планете производится 348 млн т пластика. За все время мировая промышленность изготовила его 8,3 млрд. т.

По данным Минпромторга в России образуется до 5 млн пластиковых отходов в год.

В связи с вышеизложенным проводилась работа над решением проблемы по уменьшению пластиковых отходов в рамках проектной деятельности университета.

Цель работы – создание технологии изготовления экологичного аналога одноразовой посуды.

Объект исследования – технология изготовления одноразовой посуды из плодово-овощного жмыха.

Пластиковая одноразовая посуда каждый день используется в кафе, фаст-фудах, быстро. Применяется на свадьбах, корпоративах, фестивалях, фуршетах, пикниках и других

различных мероприятиях на открытом воздухе. Однако загрязняет окружающую среду и вредна для человека при использовании горячих блюд и напитков.

По данным Росстата в 2019 г. объем рынка одноразовой посуды составил около 38 млрд. руб.

Объем рынка представлен на рис. 1.



Источник: Росстат, ФТС РФ

Рис. 1. Объем рынка одноразовой посуды

В качестве аналога пластиковой одноразовой посуды может выступать съедобная одноразовая посуда, изготовленная из овощей и фруктов. Она не оказывает вредного воздействия на организм человека при использовании, так как состоит из природных материалов. Также не загрязняет окружающую среду и биоразлагаема. Может направляться после использования на корм скоту. Дает возможность всем желающим быть в тренде здорового образа жизни, так как сегодня популярно быть здоровым и пользоваться экотоварами [3].

Пользователи съедобной посуды – это предприятия общественного питания, столовые учебных заведений и другие государственные учреждения, эко-френдли кафе, рестораны, бары, которые поддерживают добросовестное, ответственное отношение к природе и окружающей среде и готовы отказаться от обычной посуды в пользу съедобной.

В процессе работы был проведен опрос среди пользовательского сегмента. В опросе участвовали любители отдыха на природе, посетители кафе. В результате были опрошены 40 человек. Участникам задавались вопросы: какую посуду бы предпочли, пластиковую или съедобную, готовы ли заплатить дороже. По результатам опроса половина опрошенных выбрала бы съедобную посуду и готова за нее переплатить.

В ходе исследования технологии были изготовлены несколько образцов для выявления технологических рисков. Основной материал – яблочное пюре или свекольный жмых, приготовленные в блендере с добавлением агар-агара или желатина.

Основные компоненты изображены на рис. 2.



Рис. 2. Основной материал

Смесь ингредиентов наносится на стенки обычного стакана и отправляется в сушильный шкаф, с температурой внутри 60° . Сушка продолжается 1 ч, после чего получается готовый продукт.

Образец продукта представлен на рис. 3.



Рис. 3. Образец продукта

В ходе исследования были выявлены следующие технологические риски: невысокий срок годности, небольшое время эксплуатации при использовании горячего, невозможность использования в микроволновой печи.

Затраты на изготовление одной единицы продукта составили 22,5 руб.

Таким образом, технология изготовления одноразовой съедобной посуды может быть применима, однако требуется ее усовершенствование, а именно, добавление консерванта для решения проблемы малого срока годности, проработка оборудования и автоматизации процесса изготовления, сертификация продукта.

Список источников

1. Экономика замкнутого цикла и управление отходами : учебное пособие / Н. Н. Слюсарь, Г. В. Ильиных, А. В. Крутова и др. – Пермь : ПНИПУ, 2022. – 281 с.
2. Актуальные проблемы экологии : сб. науч. тр. / под ред. А. Е. Каревского и др. – Гродно : ГрГУ им. Янки Купалы, 2021. – 192 с.
3. Самойлов, М. А. Перспективы применения съедобной посуды в общественном питании / М. А. Самойлов, З. Р. Ахметшина, В. В. Перов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2020. – № 3. – С. 85 – 89.

References

1. Circular economy and waste management: textbook / N. N. Slyusar, G. V. Ilyinykh, A. V. Krutova [and others]. – Perm : PNIPU, 2022. – 281 p.
2. Actual problems of ecology: a collection of scientific papers / edited by A. E. Karevsky [and others]. – Grodno : GrGU im. Yanki Kupala, 2021. – 192 p.
3. Samoilov, M. A. Prospects for the use of edible dishes in public catering / M. A. Samoilov, Z. R. Akhmetshina, V. V. Perov // Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. – 2020. – No. 3. – P. 85 – 89.

С. В. Романцова¹, канд. хим. наук, доцент, **Н. В. Вerveкина¹**, канд. хим. наук, доцент,

И. В. Гладышева¹, канд. хим. наук, доцент, **С. Н. Романцов²**, магистрант

¹Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина (Тамбов, Россия);

²Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ВЛИЯНИЕ ПРИСАДОК НА СТАБИЛЬНОСТЬ БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ПРИ ХРАНЕНИИ

Аннотация. Биодизельное топливо, полученное по реакции переэтерификации из растительных ресурсов, стабилизированное стерически-затрудненными фенолами, может выступить в роли ингибиторов радикально-цепных окислительных процессов.

Ключевые слова: топливные композиции, стабилизаторы-антиоксиданты, плотность, кинематическая вязкость.

S. V. Romantsova¹, Ph. D., Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor,

N. V. Vervekina¹, Ph. D., Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor,

I. V. Gladysheva¹, Ph. D., Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor,

S. N. Romantsov², Master's Student

Nature Management and Environmental Protection

Derzhavin Tambov State University (Tambov, Russia);

Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

THE EFFECT OF ADDITIVES ON THE STABILITY OF BIODIESEL DURING STORAGE

Abstract. Biodiesel fuel obtained as a result of the transesterification reaction from plant resources, stabilized with sterically hindered phenols, can act as inhibitors of internal-chain oxidative processes.

Keywords: fuel compositions, antioxidant stabilizers, density, kinematic viscosity.

Введение. Дизельное топливо является основой всех комбайнов, опрыскивателей и другой с/х техники и до сих пор кажется, что дизельный двигатель невозможно заменить. Однако все труднее становится найти ему альтернативу. Одним из достоинств альтернативных видов топлива — является экологичность. Согласно стандартам, разрешено введение до 20% биодизельного топлива к нефтяному. Повсеместное использование таких композиций сократит токсичные выбросы в атмосферу, которые вредят всем живым существам и способствуют глобальным климатическим изменениям. Кроме того, такие добавки повышают цетановое число современных топлив и смазывающие свойства. В настоящее время нефтеперерабатывающие заводы используют новые технологии, отвечающие всем экологи-

ческим требованиям [1]. Однако, в процессе гидроочистки происходит снижение серосодержащих органических соединений, что, в свою очередь, ухудшает смазывающие свойства [2]. При длительном хранении топлив за счет процессов окисления, коагуляции, полимеризации ухудшаются эксплуатационные характеристики топлива. Введением присадок можно нивелировать эти процессы [3 – 7].

Целью работы являлось исследование влияния присадок на физико-химические характеристики топливных композиций в процессе хранения.

Экспериментальная часть. По реакции трансэтерификации получено биодизельное топливо из масла льна и масла рыжика.

Определение физико-химических характеристик биодизельного топлива и топливных композиций проводили в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52368–2005 и ГОСТ 33131–2014. Для определения оптической плотности образцов использовали фотоэлектроколориметр Ареl AP101.

Динамика изменения вязкостно-температурных и плотностных свойств биодизельного топлива зависит от исходного сырья. Так, если сырьем служит масло рыжика, то вязкость при 40 °С составляет 6,38 мм²/с; плотность при 15 °С равна 895 кг/м³. При использовании в качестве сырья масла льна вязкость при 40 °С составляет 4,44 мм²/с; плотность при 15 °С равна 890 кг/м³. Это связано с тем, что в композиции, синтезированной из масла рыжика, преимущественно присутствуют метиловые эфиры кислот с более высокой молекулярной массой (C22:0; C22:2; C24:0; C24:1), в отличие от БД из масла льна. При длительном хранении этих композиций происходит ухудшение физико-химических характеристик, так в состав биодизельного топлива входит высокое количество непредельных соединений.

На показатели плотности и кинематической вязкости влияет не только срок хранения композиций, но и материала резервуаров (табл. 1). Значение плотности приведено при 15 °С, кинематической вязкости при – 40 °С.

1. Зависимость физико-химических характеристик от времени хранения

Время, мес	БД из масла рыжика				БД из масла льна			
	Плотность		Вязкость		Плотность		Вязкость	
	полиэтилен	металл	полиэтилен	металл	полиэтилен	металл	полиэтилен	металл
0	895	895	6,38	6,38	890	890	4,23	4,23
2	896	897	6,55	6,58	891	892	4,41	4,44
4	897	899	6,89	7,16	892	894	4,75	5,02
6	898	901	7,05	7,52	893	896	4,91	5,32
8	900	903	7,24	7,92	895	898	5,10	5,78
10	901	905	7,41	8,37	896	900	5,27	6,23
12	903	908	7,52	8,55	897	903	5,37	6,41
14	905	912	7,62	8,81	898	907	5,48	6,67

Согласно экспериментальным данным, при использовании металлических емкостей изученные показатели возрастают. Скорее всего, активаторами окислительных процессов являются катионы металла. Такая же картина наблюдается при увеличении сроков хранения.

Для того, чтобы замедлить эти процессы необходимо введение дополнительных компонентов, например, соединений, которые также можно отнести к стерически затрудненным фенолам. По данным исследования можно рекомендовать к использованию тригидроксibenзол. Введение этого компонента улучшает характеристики как дизельного топлива, так и биодизельного топлива. При хранении в присутствии присадки плотность и вязкость биодизельного топлива изменяются в 2,5 раза медленнее, чем без нее. Отмечается также снижение скорости протекания коагуляционных процессов и, как следствие, уменьшение количества образовавшегося осадка.

Проведены исследования влияния добавления биодизельного топлива к нефтяному на стабильность полученных топливных композиций в течение длительного срока хранения.

Причиной расслаивания приготовленных композиций на основе дизельного топлива с добавлением биодизельного топлива в количестве 10...70 об.% могло быть разрушение коллоидной структуры топлив. При длительной экспозиции (более 5 мес.) при соотношении дизельного топлива к биодизельному топливу 1:1 наблюдается отслаивание только около 4% БД. Введение меньшего количества биодизельного топлива приводит к расслоению топливных композиций.

Заключение. Для увеличения сроков хранения биодизельного топлива в металлической емкости предложено применения присадки тригидроксиазобензола. Это повышает стабильность исследуемых композиций, снижает процессы коагуляции.

Список источников

1. Зуйков, А. В. Особенности производства малосернистого дизельного топлива с низким содержанием полициклических ароматических углеводородов / А. В. Зуйков, Е. А. Чернышева, Ю. В. Сидоров // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2013. – № 1. – С. 11 – 16.
2. Данилов, А. М. Присадки к топливам как решение химмотологических проблем / А. М. Данилов // Химия и технология топлив и масел. – 2014. – № 5(585). – С. 31 – 35.
3. Романцова, С. В. Синтез компонента дизельного топлива, улучшающего его экологические характеристики / С. В. Романцова, А. Н. Зазуля, М. Ю. Левин // Наука в центральной России. – 2014. – № 4(10). – С. 27 – 33.
4. Улучшение эксплуатационных свойств дизельных топлив для сельскохозяйственных машин / С. А. Нагорнов, С. В. Романцова, В. А. Марков и др. // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 12. – С. 90 – 92.
5. Саблина, З. А. Состав и химическая стабильность моторных топлив / З. А. Саблина. – М. : Химия, 1972. – 279 с.
6. Method and apparatus for monitoring structural health: пат. № 2006/0219979 US: A1, C09K 15/04 / Ghoshal A., Zangor R., Chaudhry Z. A., Schaff J. R., Davis M. W. ; опубл. 05.10.2006.
7. Пат. № 2340655 Рос. Федерация: C10L 1/183. Применение 2,6-ди-трет-бутилгидрокситолуола для повышения стабильности дизельного биотоплива при хранении / Ингендо А., Ротер К., Хайзе К.-П. ; опубл. 10.12.2008.

References

1. Zuykov A. V., Chernysheva Ye. A., Sidorov Yu. V. Osobennosti proizvodstva malosernistogo dizel'nogo topliva s nizkim sodержaniyem politsiklicheskikh aromatcheskikh uglevodorodov // Neftepererabotka i neftekimiya. – 2013. – No. 1. – P. 11 – 16.
2. Danilov A. M. Prisadki k toplivam kak resheniye khimotologicheskikh problem // Khimiya i tekhnologiya topliv i masel. – 2014. – No. 5(585). – P. 31 – 35.
3. Romantsova S. V., Zazulya A. N., Levin M. Yu. Sintez komponenta dizel'nogo topliva, uluchshayushchego yego ekologicheskoye kharakteristiki // Nauka v tsentral'noy Rossii. – 2014. – No. 4(10). – P. 27 – 33.
4. Nagornov S. A., Romantsova S. V., Markov V. A., Sa Boven', Bebenin Ye. V. Uluchsheniye ekspluatatsionnykh svoystv dizel'nykh topliv dlya sel'skokhozyaystvennykh mashin // Agrarnyy nauchnyy zhurnal. – 2020. – No. 12. – P. 90 – 92.
5. Sablina Z. A. Sostav i khimicheskaya stabil'nost' motornykh topliv. – M. : Khimiya, 1972. – 279 p.
6. Method and apparatus for monitoring structural health: pat. № 2006/0219979 US: A1, C09K 15/04 / Ghoshal A., Zangor R., Chaudhry Z. A., Schaff J. R., Davis M. W. ; opubl. 05.10.2006.
7. Primeneniye 2,6-di-tret-butilgidroksitoluola dlya povysheniya stabil'nosti dizel'nogo biotopliva pri khraneni: pat. No. 2340655 Ros. Federatsiya: C10L 1/183 / Ingendo A., Roter K., Khayze K.-P. – opubl. 10.12.2008.

Д. Р. Дашкина, магистрант, **С. В. Степанова**, канд. техн. наук, доцент
Казанский национальный исследовательский технологический университет (Казань, Россия)

ИННОВАЦИОННЫЕ СОРБЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Аннотация. Исследования показали, что инновационные сорбционные материалы на основе плодовых оболочек зерен ячменя обладают нефтеемкостью и нефтепоглощением, сравнимыми с применяемым на практике торфом.

Ключевые слова: нефть, почва, сельхозотход, фитотоксичность.

D. R. Dashkina, Master's Student, **S. V. Stepanova**, Ph. D. Sc., Associate Professor
Kazan National Research Technological University (Kazan, Russia)

INNOVATIVE SORPTION MATERIALS BASED ON AGRICULTURAL WASTE

Abstract. Studies have shown that innovative sorption materials based on the fruit shells of barley grains are not inferior to peat in terms of oil capacity and oil absorption.

Keywords: oil, soil, agricultural waste, phytotoxicity.

Ежегодно с увеличением валового продукта растет и доля сельскохозяйственных отходов. Обработка (механическая очистка, сушка, сортировка, хранение) и переработка урожая до соответствующих норм подразумевает образование зерновых отходов. К ним относятся: солома, шелуха, отруби, некачественное зерно, зерновая пыль. Полученные зерновые отходы рекомендованы к использованию в производстве комбикорма, биотоплива, удобрения, биоадсорбентов [1, 2]. Одним из перспективных методов утилизации зерновых отходов является использование их в качестве сорбционного материала (СМ), например для ликвидации разливов нефти.

Современная нефтяная промышленность является ключевым источником энергии для мировой экономики. Однако огромное количество выбросов и загрязнений, которые неизбежно возникают при добыче, переработке и транспортировке нефти и нефтепроизводных значительно, влияют на окружающую среду.

Одной из важных проблем является загрязнение почвы при разливах нефти. При попадании нефти на почву происходит уничтожение микроорганизмов, необходимых для роста растительного покрова. Это приводит к существенному уменьшению биологической продуктивности почвы и ухудшению экосистемы. Однако существуют методы борьбы с этой проблемой. Одним из наиболее эффективных методов очистки загрязненных почв является сорбционный способ [3, 4].

Использование СМ при ликвидации разливов нефти приводит к снижению техногенной нагрузки на почву и растения, также способствует уменьшению испарения легких фракций нефти в атмосферу.

В данной работе проведено исследование сорбционных характеристик сельскохозяйственных отходов и дано их сравнение с традиционно применяемыми для аварийных разливов нефти с поверхности почвы.

В качестве инновационных СМ исследованы: плодовые оболочки зерен ячменя (ПОЗЯ), кислотомодифицированные плодовые оболочки зерен ячменя (КПОЗЯ). Для увеличения биостойкости, срока хранения и эксплуатации предусмотрена модификация ПОЗЯ 1% раствором серной кислоты в течение 60 мин при температуре $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ [5].

Первоначально исследована сорбционная способность растительных отходов по отношению к нефти (нефтеемкость, г/г). В чашки Петри помещено 30 см^3 нефти и 1 г СМ. По истечении 10 мин насыщенный СМ удален и взвешен.

Далее проведены эксперименты по определению нефтепоглощения ПОЗЯ и КПОЗЯ. В чашки Петри помещены образцы почвы массой 15 г, имитирован разлив нефти на поверхности 30 см^3 . Ликвидация разлива проведена путем нанесения 1 г ПОЗЯ и КПОЗЯ. По истечении 10 мин насыщенный СМ удален и взвешен.

Кроме того, аналогичные эксперименты проведены с используемыми на практике образцами торфа и активированного угля БАУ.

Результаты проведенных исследований представлены в табл. 1.

Исходя из данных табл. 1, очевидно, что наилучшие значения по нефтеемкости достигаются для образцов торфа и ПОЗЯ, нефтепоглощению – ПОЗЯ и КПОЗЯ.

1. Характеристики сорбционных материалов

Наименование	Нефтеемкость, г/г	Нефтепоглощение, г/г
Торф	14,90	4,83
Уголь	4,20	2,54
ПОЗЯ	13,86	5,42
КПОЗЯ	12,13	5,87

Фитотоксичность почв после ликвидации разлива нефти при применении торфа, угля БАУ, ПОЗЯ и КПОЗЯ оценивалась путем воздействия нефти на рост высших растений [6].

В каждую ячейку посажены по 30 семян тест-культуры (кресс-салата). Через 7 дней имитирован разлив нефти 6 см^3 на почву (рис. 1) [7], ликвидация проведена образцами СМ, указанных выше.



Рис. 1. Эксперимент по оценке фитотоксичности почв после ликвидации разлива нефти при применении:

1 – контроль (почва без нефти); 2 – уголь; 3 – торф; 4 – ПОЗЯ; 5 – КПОЗЯ; 6 – нефть

В течение 10 дней зафиксировано изменение длины наземной части и количество выживших образцов кресс-салата. На третий день после разлива нефти начали желтеть листья во второй ячейке (уголь). Еще через пару дней опало около 40% листьев в шестой ячейке (нефть), а оставшиеся листочки пожелтели.

По полученным данным построена гистограмма изменения роста растений в зависимости от применяемого СМ (рис. 2).

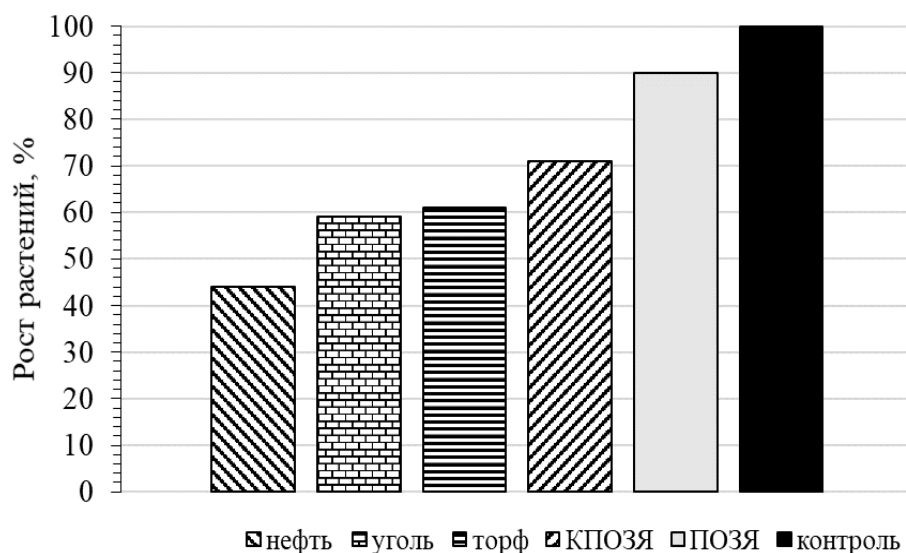


Рис. 2. Гистограмма изменения роста растений в зависимости от применяемого СМ

По данным рис. 2 можно свидетельствовать о том, что нефтяное загрязнение оказывает негативное воздействие на кресс-салат, подавляя рост наземной части. Наименьшее значение фитотоксичности наблюдалось при использовании ПОЗЯ в качестве СМ при ликвидации аварийного разлива нефти на почве.

Таким образом, исследования показали, что образцы КПОЗЯ и ПОЗЯ обладают сорбционными свойствами, сравнимыми с применяемыми на практике СМ на основе торфа. Следует отметить, что при этом фитотоксичность почв после ликвидации разлива нефти при использовании ПОЗЯ на 30% ниже, чем при применении торфа и угля. Таким образом, инновационные СМ на основе ПОЗЯ можно рекомендовать для ликвидации аварийных разливов нефти с поверхности почвы.

Список источников

1. Зерновые отходы. – URL : <http://agro-s.com/ispolzovanie-zernovyh-othodov-i-pobochnyh-produktov-obrabotki-zerna> (дата обращения: 10.05.2023).
2. Разновидности зерновых отходов. – URL : <https://bezotxodov.ru/pishhevye-othody/zernovye-othody> (дата обращения: 10.05.2023).
3. Етеревская, Л. В. Изменения свойств почв в связи с загрязнением их при разведке и добыче нефти и газа / Л. В. Етеревская, Л. Д. Шеянова // Агрохимия и почвоведение. – 1975. – Вып. 29. – С. 3 – 7.
4. Двадненко, М. В. Воздействие нефти на окружающую среду / М. В. Двадненко, Р. В. Маджигатов, Н. А. Ракитянский // Международный журнал экспериментального образования. – 2017. – № 3-1. – С. 89–90. – URL : <https://expeducation.ru/ru/article/view?id=11244> (дата обращения: 10.05.2023).

5. Дашкина, Д. Р. Ликвидация последствий аварийных разливов нефти альтернативными сорбционными материалами / Д. Р. Дашкина // Сборник трудов Конкурса научно-исследовательских работ (Конкурса НИР) : материалы Молодежной программы 26 Междунар. специализированной выставки и Форума. – М., 2023. – С. 26 – 29.

6. ГОСТ 33061–2014. Межгосударственный стандарт. Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Наземные растения: Тест на всхожесть семян и развитие проростков. – М. : Стандартинформ. – 20 с.

7. Дашкина, Д. Р. Исследование применения для ликвидации разливов нефти на почве сорбционных материалов на основе плодовых оболочек зерен ячменя / Д. Р. Дашкина, А. Е. Поволоцкая, С. В. Степанова // Молодежь и системная модернизация страны : сб. науч. ст. 7 Междунар. науч. конф. студентов и молодых ученых (19–20 мая 2022 года) : в 5 т. Т. 5 ; Юго-Западный государственный университет. – Курск, 2022. – С. 256 – 258.

References

1. Grain waste. – URL : <http://agro-s.com/ispolzovanie-zernovyh-othodov-i-pobochnyh-produktov-obrabotki-zerna> (Date of access: 05/10/2023).

2. Varieties of grain waste. – URL : <https://bezotxodov.ru/pishhevye-othody/zernovye-othody> (Date of access: 05/10/2023).

3. Eterevsкая, L. V. Changes in soil properties due to their pollution during exploration and production of oil and gas / L. V. Eterevsкая, L. D. Sheyanova // Agrochemistry and soil science. – 1975. – Is. 29. – P. 3 – 7.

4. Dvadenko M. V., Madzhigatov R. V., Rakityansky N. A. Impact of oil on the environment // International Journal of Experimental Education. – 2017. – No. 3-1. – P. 89–90. – URL : <https://expeducation.ru/ru/article/view?id=11244> (date of access: 05/10/2023).

5. Dashkina D. R. Elimination of the consequences of accidental oil spills with alternative sorption materials / Dashkina D.R. // Proceedings of the Scientific Research Competition (R&D Competition). Materials of the Youth Program of the 26th International Specialized Exhibition and Forum. Moscow, 2023, pp. 26-29.

6. GOST 33061–2014. Interstate standard. Methods for testing chemical products that are hazardous to the environment. Terrestrial plants: Test for seed germination and seedling development. – М. : Standartinform Publishing House – 20 p.

7. Dashkina D. R. Investigation of the use of sorption materials for oil spill response on the basis of fruit shells of barley grains / D. R. Dashkina, A. E. Povolotskaya, S. V. Stepanova // Youth and systemic modernization of the country: Collection of scientific articles of the 7th International Scientific Conference of Students and Young Scientists (May 19–20, 2022) in 5 v., V. 5, Southwestern State University. – Kursk, 2022. – P. 256 – 258.

А. О. Сухова, канд. техн. наук, доцент, **А. В. Нехорошева**, магистрант,
Ю. С. Медведева, магистрант, **О. С. Филимонова**, ассистент,
Р. М. Маматказин, студент, **С. О. Жоголева**, студент
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ЗЕЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ЧАСТЬ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Аннотация. Рассматривается уменьшение негативного влияния сельского хозяйства путем внедрения в него зеленых технологий.

Ключевые слова: сельское хозяйство, зеленые технологии, устойчивое развитие, вертикальное земледелие.

A. O. Sukhova, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
A. V. Nekhorosheva, Master's Degree, **Yu. S. Medvedeva**, Master's degree,
O. S. Filimonova, Assistant, **R. M. Mamatkazin**, Student,
S. O. Zhogoleva, Student
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

GREEN TECHNOLOGIES AS PART OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN AGRICULTURE

Abstract. This article discusses the reduction of the negative impact of agriculture by introducing green technologies into it.

Keywords: agriculture, green technologies, sustainable development, vertical agriculture.

Зеленая революция распространила свое влияние на сельскохозяйственный сектор. Экопотребители возлагают на фермеров ответственность за их воздействие на окружающую среду, влияя на устойчивый рынок. В свою очередь, фермеры обслуживают экопотребителей, чтобы получить преимущество над конкурентами.

Профессионалы в этой отрасли могут повысить устойчивость производства, внедрив передовые технологии. Инженеры-экологи разрабатывают устойчивые сельскохозяйственные технологии, чтобы помочь регионам достичь целей по сокращению выбросов. Зеленые технологии в сельском хозяйстве могут эффективно обезуглеродить сельскохозяйственную отрасль.

Страны внедряют правила устойчивого развития сельского хозяйства для мониторинга загрязнения и защиты окружающей среды. Практики, применяемые во время производства, способствует эрозии почвы, загрязнению воды, эвтрофикации, обезлесению и эксплуатации природных ресурсов. Они могут быть одними из самых значительных факторов изменения климата во многих странах.

Некоторые фермеры используют устаревшее оборудование и методы, такие как выращивание монокультур, которые со временем истощают питательные вещества почвы. Сплошные рубки леса также могут негативно влиять на окружающую среду [1].

Некоторые фермеры уничтожают леса для освоения сельскохозяйственных угодий. Одно взрослое дерево может поглощать и фильтровать тонны выбросов углерода, поэтому потеря многих из них может нанести ущерб окружающей среде. Вырубка лесов вызывает деградацию атмосферы и способствует изменению климата.

Сельскохозяйственное оборудование также способствует деградации атмосферы и создает выбросы парниковых газов. Чтобы изменить это, фермеры могут инвестировать в устойчивые сельскохозяйственные технологии, чтобы уменьшить свой углеродный след и удовлетворить экологических потребителей [1].

Примеры зеленых технологий, используемых в сельском хозяйстве, рассмотрены ниже.

Вертикальное земледелие. Фермеры, поддерживающие устойчивое развитие, перемещают свои методы внутрь, чтобы свести к минимуму загрязнение поверхности и атмосферы. Контролируемая среда выращивания является экологически чистой, потому что она сохраняет природные пространства. Люди могут предотвратить вырубку лесов, эрозию почвы и истощение ресурсов с помощью вертикального земледелия [2].

Сельскохозяйственные специалисты укладывают урожай, чтобы оптимизировать пространство, свет и воду. Инженеры проектируют вертикальные фермы с эффективным оборудованием для минимизации выбросов. Они часто используют светодиодные лампы для выращивания, которые максимально полезно используют энергию.

Светодиодные лампы потребляют примерно на 75% меньше электроэнергии, чем лампы накаливания. Они также служат примерно в 25 раз дольше и со временем сокращают количество твердых бытовых отходов. Некоторые вертикальные фермеры используют технологии аквапоники для борьбы с загрязнением воды и эрозией почвы [3].

Вертикальные аквапонные системы опираются на особенности естественных морских экосистем. Фермеры интегрируют рыбу в свою сельскохозяйственную практику, чтобы производить питательные вещества для почвы и насыщать воду кислородом. Затем специальные аквапонные насосы распределяют насыщенную кислородом воду по вертикальным фермам.

Умные спринклеры. Фермеры также могут использовать интеллектуальные спринклерные системы для сокращения использования ресурсов. Технологии автономного орошения полагаются на Интернет вещей (IoT) для доступа к прогнозам погоды в реальном времени. Умные спринклеры используют датчики на уровне земли для сбора и распространения полевых данных.

Система IoT создает коммуникационный поток между датчиками, компьютерами и специалистами в области сельского хозяйства. Умные разбрызгиватели оптимизируют полив и уменьшают избыточный и недостаточный полив, измеряя насыщенность почвы. Фермеры также могут использовать передовые технологии связи в сельской местности для мониторинга полевых условий и составления отчетов [3].

Технологии мобильной связи в сельской местности повышают уровень производительности фермеров. Они могут собирать ценную информацию для бизнеса, анализируя данные об осадках и влажности. Услуги связи могут повысить урожайность сельскохозяйственных культур и свести к минимуму отходы.

Системы сбора дождевой воды. Устойчивые фермеры могут оптимизировать свое водоснабжение, используя системы сбора дождевой воды. Эта система мелиорации снижает

ливневые стоки и снижает зависимость фермеров от пресной воды. Многие специалисты в области сельского хозяйства борются с неблагоприятными последствиями изменения климата с помощью пестицидов и синтетических удобрений.

Эти добавки содержат большое количество азота и фосфора, которые вызывают цветение водорослей. Водоросли со временем истощают уровень кислорода в морской среде и ухудшают естественную среду обитания, вынуждая водные виды к миграции [3].

Системы сбора дождевой воды предотвращают сток ливневых вод, собирая излишки дождевой воды и талого снега. Системы хранят стоки в бочках и фильтруют их с помощью передовых устройств очистки. Фермеры могут использовать очищенную ливневую воду для орошения.

Переуплотнение ливневых стоков может сохранить глобальные запасы пресной воды. Около 0,5% воды Земли доступно человечеству. Защита дефицитных запасов может повысить международный уровень устойчивости.

Фермерские дроны. Дроны – еще одна форма зеленых технологий, поддерживающих устойчивое сельское хозяйство. Фермеры могут использовать дроны на своих полях, чтобы следить за развитием культур и собирать ценные данные. Дроны помогают сельскохозяйственным специалистам удаленно контролировать территорию, что сводит к минимуму выбросы от транспорта. Технология работает на электричестве и не производит выбросов во время использования [3].

Дроны помогают фермерам оптимизировать время работы в поле и снижать потери урожая. Фермеры могут повысить глобальную экологическую устойчивость, сведя к минимуму количество сельскохозяйственных и пищевых отходов.

Исследователи обнаружили, что почти 30% пищевых отходов образуется во время сельскохозяйственного производства и сбора урожая. Сельскохозяйственные отходы способствуют эксплуатации пресной воды и деградации атмосферы. Профессионалы могут использовать дроны для наблюдения за развитием сельскохозяйственных культур и предотвращения потерь.

Электрополевое оборудование. Инженеры-экологи разрабатывают оборудование для электрического поля, чтобы уменьшить глобальный углеродный след сельского хозяйства. Большая часть полевого оборудования работает на дизельном топливе, при сгорании которого образуются выбросы парниковых газов. Фермеры могут свести к минимуму деградацию атмосферы, инвестируя в электрические альтернативы [3].

Экологически сознательные фермеры объединяются, чтобы расширить электрификацию сельских районов и создать чистую сельскохозяйственную экономику. Они заменяют свое дизельное оборудование электрическими альтернативами, чтобы поддержать устойчивый переход. Электрические тракторы имеют нулевые выбросы выхлопных газов и повышают экономическую эффективность.

Фермеры также могут питать свое электрическое полевое оборудование возобновляемыми источниками энергии, чтобы сократить производство парниковых газов. Электрическое сельскохозяйственное оборудование может улучшить качество урожая за счет сведения к минимуму загрязнения на уровне поверхности. Фермеры могут выращивать более здоровые органические культуры, используя устойчивые сельскохозяйственные технологии [3].

Биотехнология. Еще одной «зеленой» технологией в сельском хозяйстве является биотехнология. Сельскохозяйственная биотехнология изменяет компоненты организма для улучшения развития сельскохозяйственных культур. Фермеры используют это экологически безопасное достижение для получения обильных и экономичных урожаев [4].

Профессионалы разрабатывают растения, устойчивые к вредителям и болезням, чтобы свести к минимуму пищевые отходы. Выращивание сельскохозяйственных культур, направленное на сокращение экологических нарушений, также снижает использование пестицидов. Однако некоторые потребители сопротивляются покупке генетически модифицированных или модифицированных продуктов.

Потребители иногда не задумываются об экологических преимуществах биотехнологии. Инженеры разработали передовые методы модификации для борьбы с загрязнением поверхности и атмосферы, облегчая производство фиторемедиации.

Эти растения могут удалять и хранить загрязняющие вещества из почвы, чтобы свести к минимуму деградацию экосистемы. Биоинженерные растения также предотвращают эрозию почвы и истощение питательных веществ [4].

Системы GPS и телеметрии. Глобальные системы позиционирования и устройства телеметрии – это последняя технология устойчивого земледелия, поддерживающая «зеленое» сельское хозяйство. Фермеры используют технологию GPS для программирования своих автономных полевых машин. Они также могут использовать системы для поиска более энергоэффективных маршрутов вокруг своих полей.

Фермеры могут дополнительно использовать системы телеметрии для передачи данных от сельскохозяйственной техники в системы удаленного мониторинга. Технология основана на датчиках для сбора информации о температуре и осадках. Он преобразует данные в электрические напряжения и передает их через беспроводную среду.

Телеметрия помогает фермерам интегрировать биоимплантируемые системы в свои сельскохозяйственные проекты. Эта технология также улучшает полевой мониторинг и снижает количество пищевых отходов [5].

Зеленые технологии могут решить многие проблемы, с которыми сталкиваются фермеры в сельскохозяйственном секторе. Использование более устойчивых идей и технологий может помочь сделать сельское хозяйство более экологически чистым.

Основной целью внедрения зеленых технологий является создание новых технологий, которые не приводят к истощению и без того истощенных природных ресурсов мира. Это в конечном счете приведет к меньшему ущербу для людей, биологических видов и улучшению общего состояния здоровья нашей планеты. Активное использование зеленых технологий также может помочь снизить загрязнение окружающей среды на планете.

Список источников

1. Акимова, Ю. А. Совершенствование системы государственной поддержки аграрной сферы региона в современных условиях / Ю. А. Акимова, С. А. Кочеткова // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 81. – С. 168 – 172.
2. Вертикальная ферма. Despommier Dickson. The vertical farm / Feeding the world in the 21st century. NY, USA: Thomas Dunne Books // St.Martin's Press. – 2010. – P. 135 – 138.
3. Фиговский, О. Зеленые технологии. Обзор новых научно-технических разработок / О. Фиговский, В. Гумаров // *Научно-культурологический журнал*. – 2018. – № 3. – С. 45 – 56.

4. Хиггинс, И. Бест. Биотехнология. Принципы и применение / И. Бест Хиггинс, Д. Дж. Джонс. – М. : Мир, 1988. – 480 с.
5. Боркова, Е. А. Государственная поддержка зеленых инвестиций (на примере возобновляемых источников энергии) / Е. А. Боркова // Управленческое консультирование. – 2020. – № 3. – С. 73 – 79.

References

1. Akimova, Yu. A. Sovershenstvovaniye sistemy gosudarstvennoy podderzhki agrarnoy sfery regiona v sovremennykh usloviyakh / Yu. A. Akimov, S. A. Kochetkova // Fundamentalnyye issledovaniya. – 2015. – No. 81. – P. 168 – 172.
2. Vertikalnaya ferma. Despommier Dickson. The vertical farm / Feeding the world in the 21st century. NY. USA: Thomas Dunne Books // St.Martin's Press. – 2010. – P. 135 – 138.
3. Figovskiy, O. Zelenyye tekhnologii. Obzor novykh nauchno-tekhnicheskikh razrabotok / O. Figovskiy, V. Gumarov // Nauchno-kulturologicheskiy zhurnal. – 2018. – No. 3. – P. 45 – 56.
4. Khiggins I. Best., D. Dzhons. Dzh. Biotekhnologiya. Printsipy i primeneniye. – М. : Mir. 1988. – 480 p.
5. Borkova., E. A. Gosudarstvennaya podderzhka zelenykh investitsiy (na primere возобновляемых источников энергии) // Upravlencheskoye konsultirovaniye. – 2020. – No. 3. – P. 73 – 79.

М. В. Щукин¹, магистрант, **Е. Б. Ложкина^{1,2}**, аспирант, **А. А. Терехов¹**, аспирант,
Н. С. Рзянин¹, магистрант, **А. В. Прохоров¹**, канд. техн. наук, доцент

¹Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия);

²Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве (Тамбов, Россия)

ДОЗАТОРЫ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ КОРМОВ

Аннотация. Разработана схема классификации дозаторов по следующим квалификационным признакам: виду дозируемых кормов, типу и способу дозирования, степени автоматизации, типу рабочих органов, способу регулирования нормы выдачи, числу оборотов рабочего органа. Наиболее перспективными являются объемные скребковые дозаторы непрерывного и циклического действия с возможностью автоматизации, с регулированием в зоне загрузки изменяемыми по высоте скребками.

Ключевые слова: дозатор, корм, классификационный признак, схема классификации.

M. V. Shchukin¹, Undergraduate Student, **E. B. Lozhkin^{1,2}**, Postgraduate Student,
A. A. Terekhov¹, Postgraduate Student, **N. S. Rzyanin¹**, Graduate Student,
A. V. Prokhorov¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

¹Tambov State Technical University (Tambov, Russia);

²The All-Russian Scientific Research and Design Technology Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture (Tambov, Russia)

CONCENTRATED FEED DISPENSERS

Abstract. The scheme of classification of dispensers according to the following qualification criteria has been developed: the type of dosed feed, the type and method of dosing, the degree of automation, the type of working bodies, the method of regulating the rate of issue, the number of revolutions of the working body. The most promising are volumetric scraper dispensers of continuous and cyclic action with the possibility of automation, with adjustment in the loading zone by height-adjustable scrapers.

Keywords: dispenser, feed, classification feature, classification scheme.

Введение. Во многих технологических процессах приготовления и раздачи кормов требуется непрерывная подача материалов в заданных количествах: либо в виде отдельных порций (доз), следующих одна за другой, либо в виде непрерывного потока [1, 2, 4, 12, 13, 16, 17].

В животноводстве применяются различные по составу и консистенции корма: грубые, сочные, полужидкие, сухие концентрированные, влажные мешанки [2 – 4, 12, 13, 16, 17]. Поэтому желательно предусмотреть в конструкции дозатора возможность работы с различными кормами. Ввиду этого предпочтительнее использовать в линиях приготовления и раздачи кормов универсальные дозаторы.

Объект и методы исследований. Согласно классификации, приведенной на рис. 1, все дозаторы можно подразделить по типу дозирования: дозаторы дискретного, непрерывного и непрерывно-циклического действия [2 – 4, 13, 16, 17].



Рис. 1. Схема классификации дозаторов

В соответствии с зоотехническими требованиями конструкция дозаторов должна удовлетворять параметрам [13, 16]:

- возможность включения под нагрузкой;
- быстрая блокировка в аварийных ситуациях;
- обеспечение требуемой производительности в широком диапазоне изменения свойств материала и условий эксплуатации;
- надежность работы, минимальное число движущихся деталей;
- незначительный износ рабочего органа, низкая стоимость, простота обслуживания и низкая потребляемая мощность;
- устойчивость дозирования при постоянном расходе;
- малая инерционность, плавность регулирования производительности.

Поэтому наиболее перспективными являются дозаторы непрерывного действия.

По способу дозирования дозаторы делятся на объемные и весовые [2 – 4, 12, 13, 16, 17].

В дозирующих устройствах, работающих по весовому способу, процесс взвешивания состоит из трех этапов: воздействие материала на чувствительный элемент весового устройства; преобразование этого воздействия в численное значение; указание или регистрация значения, соответствующего массе дозированного материала [1 – 4, 12, 13, 16, 17].

Объемный способ дозирования – дозирующие устройства измеряют массу дозируемого материала по его объему. Они включают в себя питатель, приборы и устройства контроля и регулирования количества материала дозы [2, 3, 12, 13, 17]. Объемный способ характеризуется значительной погрешностью дозирования. Это объясняется тем, что результаты

работы объемных дозирочных устройств зависят от колебаний степени уплотнения сыпучего материала в мернике. В зависимости от содержания влаги, гранулометрического состава, формы частиц и других показателей насыпная плотность материала может меняться в широких пределах.

Весовой способ дозирования является более точным, чем дозирование по объему [2, 3, 12, 13, 17].

Основными достоинствами дозаторов, реализующих объемный способ дозирования, являются простота конструкции, надежность и удобство в эксплуатации.

По степени автоматизации дозаторы делятся на дозаторы с ручным управлением и автоматизированные. При автоматизированном дозировании отмеривание заданной дозы и подача ее в приемную емкость происходят автоматически, без участия оператора. Исключение из процесса дозирования оператора позволяет исключить ошибки, связанные с человеческим фактором [2, 3, 12, 13, 17].

По типу рабочих органов дозаторы делятся на: барабанные, тарельчатые, плунжерные, дисковые, гравитационные, шнековые (с горизонтальным и вертикальным шнеком), скребковые, ленточные, вибрационные, шлюзовые, трубчатые [1 – 17].

Как правило, рабочий орган подразумевает применение того или иного способа регулирования нормы выдачи корма.

Значительно чаще других видов объемных дозаторов применяют шлюзовые дозаторы благодаря простоте конструкции, универсальности и возможности использования в различных технологических схемах [1, 11, 12, 17]. Он состоит из корпуса с загрузочным и разгрузочным штуцерами, ротора с ячейками, установленного на вале. К недостаткам шлюзовых и дисковых дозаторов следует отнести ограниченную производительность по дозам, что связано с критической частотой вращения ротора, обеспечивающей заполнение и выгрузку материала. При переработке сыпучих материалов необходимо вводить дополнительные устройства для очистки ротора.

В технике широко применяются шнековые дозирочные устройства. Доза материала при этом отмеряется непосредственно из бункера. Конструкции шнековых дозаторов отличаются расположением и формой шнека, а также принципом формирования порции дозируемого материала [2, 3, 8, 9]. Область применения шнековых дозаторов – дозирование хорошо сыпучих порошкообразных и зернистых материалов с размером частиц не более 5 мм, влажностью до 15%. При этом дозируемые материалы не должны бояться измельчения. Так же к недостаткам надо отнести то, что точность дозирования неудовлетворительная и шнековые устройства применяются в основном как транспортеры.

Достаточно высокая точность дозирования достигается в трубчатых дозаторах, основным рабочим элементом которых является вращающаяся труба. Равномерность подачи материала трубой выше равномерности подачи материала шнеком или транспортером. Это достигается, прежде всего, за счет стабилизации насыпной плотности материала при его движении в трубе. Установлено, что вращающаяся труба обладает высокой сглаживающей способностью, т.е. возмущения на входе, возникающие в результате неравномерной подачи материала, в процессе движения во времени накладываются друг на друга, и в конечном счете разность между мгновенной и средней производительностями уменьшается [12, 14, 16].

Во многих отраслях промышленности широко применяется дозатор непрерывного действия с ленточным питателем [1, 12 – 14, 16]. К основным недостаткам ленточных доза-

торов можно отнести необходимость проверки и контроля натяжения ленты, значительное влияние неравномерности подачи бункера на подачу ленточного дозатора. Данные дозаторы обладают малой энергоемкостью и находят свое применение в механизации процессов.

Гравитационные дозаторы состоят из накопительного бункера, заслонки, возможно применение активаторов [5]. Основным недостатком является ограничение по виду дозируемых кормов, а также необходимость учета физико-механических и реологических свойств кормов.

Барабанные дозаторы используют для выдачи порошкообразных, дисперсионных материалов и в ряде случаев связанных материалов (при наличии принудительной очистки ячеек). Рабочим органом данного типа дозаторов является барабан с несколькими отсеками с вертикальной или горизонтальной осью вращения. Регулирование нормы выдачи изменяется за счет изменения скорости вращения барабана или объема ячеек. Барабанные дозаторы нашли широкое применение при дозировании различных кормов [7, 12, 13, 16, 17]. Основным недостатком является ограниченность по влажности кормов и усложнение конструкции при принудительной очистке ячеек.

Выводы. Наиболее перспективными являются объемные скребковые дозаторы непрерывного и циклического действия с возможностью автоматизации, регулированием в зоне загрузки изменяемыми по высоте скребками [6, 10, 15].

Список источников

1. Алешкин, В. Р. Механизация животноводства / В. Р. Алешкин, П. М. Рощин ; под ред. С. В. Мельникова. – М. : Агропромиздат, 1985. – 336 с.
2. Ведищев, С. М. Анализ дозаторов кормов / С. М. Ведищев, А. Ю. Глазков, А. В. Прохоров // Вопросы современной науки и практики. Университет им В. И. Вернадского. – 2014. – № 1(50). – С. 103 – 108.
3. Анализ шнековых дозаторов / С. М. Ведищев, А. И. Завражнов, О. В. Ларионова, А. А. Кажияхметова // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК : материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Белагро-2019» (Минск, 6–7 июня 2019 г.) / редкол. : Н. Н. Романюк и др. – Минск : БГАТУ, 2019. – С. 333 – 337.
4. Ведищев, С. М. Классификация устройств дозирования сыпучих материалов / С. М. Ведищев, А. Ю. Нефедов // Устойчивое развитие региона: Архитектура, строительство и транспорт : материалы 4 Междунар. науч.-практ. конф. Института архитектуры, строительства и транспорта. Тамбов, 15–16 июня 2017 г. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2017. – С. 446 – 450.
5. Обоснование конструктивно-технологической схемы гравитационного дозатора сыпучих кормов / С. М. Ведищев, И. И. Репин, С. В. Прохоров, А. В. Прохоров // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт : материалы 6 Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 40-летию юбилею Института архитектуры, строительства и транспорта ТГТУ. – 2019. – С. 421 – 423.
6. Ведищев, С. М. Скребок дозатор для доильных установок / С. М. Ведищев, А. А. Кажияхметова, Н. В. Хольшев // Импортзамещающие технологии и оборудование для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственного сырья [Электронный ресурс] : материалы I Всерос. конф. с междунар. участием ; под общ. ред. Ю. В. Родионова ; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019. – С. 152 – 155.
7. Ведищев, С. М. Управление подачей барабанного дозатора / С. М. Ведищев, Н. О. Милюков, Н. В. Хольшев // Наука в центральной России. – 2015. – № 1(13). – С. 5 – 12.

8. Ведищев, С. М. Управление подачей дозатора с изменяющимся шагом шнека / С. М. Ведищев, А. В. Прохоров // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 4(54). – С. 81 – 85.
9. Шнековый дозатор с каналом обратного хода / С. М. Ведищев, А. И. Завражнов, Д. Н. Балахонова и др // Наука в центральной России. – 2015. – № 5(17). – С. 29 – 33.
10. Жариков, В. С. Дозатор комбикормов для доильных установок / В. С. Жариков, С. М. Ведищев, А. В. Прохоров // Цифровизация агропромышленного комплекса [Электронный ресурс] : сб. науч. ст. I Междунар. науч.-практ. конф. В 2-х т. Тамбов, 10 – 12 октября 2018 г. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. – Т. II. – С. 45 – 47.
11. Дозатор с регулируемой высотой скребков / А. И. Завражнов, С. М. Ведищев, А. В. Прохоров и др. // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство и транспорт : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., посвященной памяти академика РААСН Чернышова Е. М., Тамбов, 21–22 сентября 2022 года. – Тамбов : Издательство ИП Чеснокова А. В., 2022. – С. 358 – 361.
12. Зенков, Р. Л. Машины непрерывного транспорта / Р. Л. Зенков, И. И. Ивашков, Л. Н. Колобов. – М. : Машиностроение, 1980. – 304 с.
13. Механизация и технология производства продукции животноводства / В. Г. Коба, Н. В. Брагинец, Д. Н. Мурусидзе, В. Ф. Некрашевич. – М. : Колос, 1999. – 528 с.
14. Анализ особенностей конструкций вибрационных объемных дозаторов для сыпучих материалов / А. Г. Павлов, С. М. Ведищев, С. В. Прохоров, В. Г. Коршунов // Проблемы и перспективы инновационного развития АПК : сб. науч. докл. Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 40-летию ФГБНУ ВНИИТиН, Тамбов, 16 октября 2020 года. – Тамбов : Студия печати Галины Золотовой, 2020. – С. 33 – 36.
15. Прохоров, А. В. Скребковый дозатор / А. В. Прохоров, С. М. Ведищев // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 4. – С. 12–13.
16. Анализ дозаторов сыпучих материалов, применяемых при приготовлении кормов / И. И. Репин, И. С. Тюлькин, А. В. Прохоров, С. М. Ведищев // Техсервис-2018 : материалы науч.-практ. конф. студентов и магистрантов (Минск, 24–25 мая 2018 г.) / редкол. ; А. В. Миранович и др. – Минск : БГАТУ, 2018. – С. 200 – 205.
17. Техническое обеспечение животноводства : учебник для вузов / А. И. Завражнов, С. М. Ведищев, М. К. Бралиев и др. ; под ред. академика РАН А. И. Завражнова // Лань : электронно-библиотечная система. – 2-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2022. – 516 с. – URL : <https://e.lanbook.com/book/201596> (дата обращения: 21.03.2022).

3. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОМЫШЛЕННО-ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ И ТРАНСПОРТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ

УДК 004.451

ББК 20.17

В. Д. Аверченкова, А. В. Козачек, канд. пед. наук, доцент, зав. кафедрой
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ОБЗОР МЕХАНИЗИРОВАННЫХ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СБОРА МУСОРА

Аннотация. Увеличение количества городских отходов приводит к загрязнению окружающей среды. При этом вызывают определенные трудности в их сортировке и утилизации. В данной статье перечисляются роботы, которые решают эти проблемы. Одни занимаются сортировкой собранного мусора, другие собирают отходы как на улице, так и в водоемах.

Ключевые слова: мусор, переработка мусора, сортировка мусора, умные урны, уборочная машина, мусорный контейнер, Большое мусорное пятно.

V. D. Averchenkova, A. V. Kozachek, Candidate of Pedagogical Sciences,
Associate Professor, Head of the Department
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

OVERVIEW OF MECHANIZED AND AUTOMATED DEVICES FOR GARBAGE COLLECTION

Abstract. An increase in the amount of urban waste leads to environmental pollution. At the same time, this causes certain difficulties in their sorting and disposal. This article lists robots that solve these problems. Some are engaged in sorting the collected garbage, others collect waste both on the street and in reservoirs.

Keywords: garbage, garbage recycling, garbage sorting, smart bins, cleaning machine, dumpster, Large trash spot.

Образование большого количества мусора приводит к различным экологическим проблемам. При этом большая часть населения Земли не имеет возможности проводить регулярный сбор отходов. Так, мусор, способный к гниению, например отходы пищевой промышленности, является местом размножения болезнетворных микробов, которые вызывают инфекции и болезни. Кроме этого, отходы различаются по сроку разложения: одни – в течение нескольких месяцев, например бумага; другие – на протяжении нескольких сотен лет, например пластик; третьи – вообще не способны разлагаться, например стекло.

Данную проблему человечество пытается решить несколькими способами, но большая часть из них порождает другие экологические проблемы. Так, сжигание мусора приводит к загрязнению воздуха вредными выбросами: фенолы, хлорфенолы, азот, полихлорированные дибензодиоксины и так далее. А сброс отходов в океан привел к образованию мусорного континента, называемого Большим мусорным пятном.

Единственным оптимальным решением минимизировать образование отходов является их переработка. Оно также позволяет сократить потребление природных ресурсов. Но сложность в том, что каждый вид мусора имеет свой метод переработки, поэтому перед

этим требуется сортировка. К сожалению, большинство людей не сортируют отходы, поскольку это является сложным и тяжелым занятием, именно поэтому легче всего собрать все в один мешок и просто выбросить в мусорный контейнер. Именно поэтому сортировка мусора и отправка на завод по его переработке требует механизации и автоматизации.

К таким механизмам можно отнести Clark – сортировщика упаковок TetraPak. Он работает с 2017 года на муниципальном мусороперерабатывающем заводе в Денвере, расположенном в штате Колорадо. Clark сортирует мусор с точностью до 90%, при этом делает это в 2 раза быстрее и эффективнее человека, благодаря чему в 2 раза снижаются затраты на сортировку. С помощью камеры он сканирует содержимое конвейерной ленты, затем, обнаружив нужный вид сырья, с помощью манипулятора перемещает его в отдельный контейнер [1].

Также в Санкт-Петербурге существует робот-трипод NeuroRecycle, который внешне напоминает перевернутый штатив. Он способен двигаться по трем осям и сортировать отходы с применением искусственного интеллекта. Определение вида отходов происходит следующим образом: NeuroRecycle делает фотографии, их же анализирует искусственный интеллект, различает конкретный мусор и отдает команду роботу, чтобы тот выполнил механическую сортировку [11].

Внедрение умных урн также облегчает сортировку отходов, например робот Trashbot (рис. 1) [2], разработанный робототехнической компанией из США. Данное устройство для сортировки использует компьютерное зрение, а также имеет облачное хранилище, доступ к базе других роботов той же компании для вспомогательного обучения нейросети и встроенный дисплей для вывода пользовательского контента. Сортировка происходит таким образом: пользователь помещает один предмет мусора в устройство, затем крышка закрывается, потом датчики и камеры опознают вид мусора и после этого помещают его в соответствующую емкость, установленную внутри робота. Данный процесс длится 3...5 с и выполняется с точностью сортировки до 90%. Trashbot стоит 1200 долларов и при этом имеет большие размеры [3].



Рис. 1. Умная урна Trashbot

Существуют люди, которые выкидывают мусор куда угодно, но не в мусорное ведро. Поэтому для того, чтобы отучить их от этого, в Японии разработали умную передвижную урну Social Trash Box (рис. 2) [4]. Принцип работы следующий: 20-литровый контейнер находит человека с помощью датчика тепла, приближается к нему и камерой распознает мусор, после этого создает движения и подает звуки, чтобы привлечь внимание того, кто держит мусор, и попросить бросить его в урну. Social Trash Box предназначен для работы в людных общественных местах [1].

Проблема сортировки мусора возникает не только в бытовой среде. По мере экономического развития количество строительных отходов непрерывно увеличивается, а вместе с этим усложняется и их сортировка.

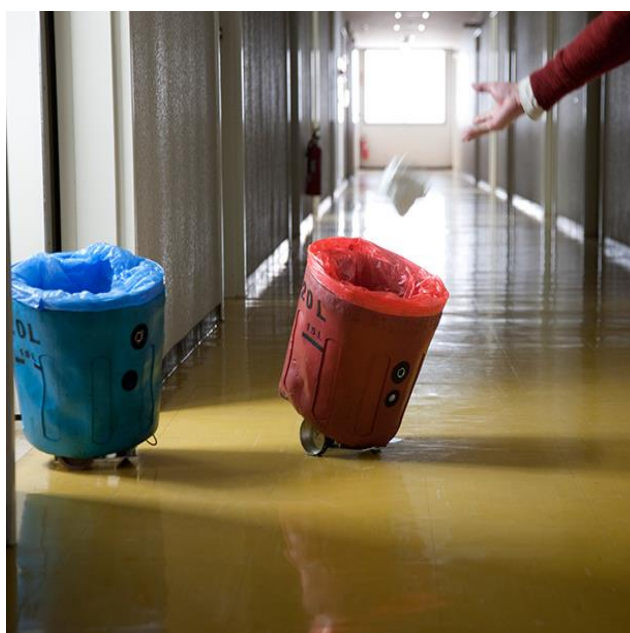


Рис. 2. Передвижная урна Social Trash Box

Данную проблему попыталась решить финская компания ZenRobotics. Робот состоит из конвейерной ленты, двух манипуляторов, камер и датчиков, и управляет искусственным интеллектом, способен распознавать около десяти видов отходов. Программное обеспечение робота способно к самообучению, а точность сортировки составляет 98%. Принцип работы таков: видеокамера и металлоискатель сканируют конвейер и определяют конкретный вид мусора, затем два манипулятора наподобие клешней, способных захватить предметы весом до 20 кг, помещают фрагмент в определенные контейнеры или на другой конвейер для переработки. Но если какой-либо элемент отходов распознать становится сложно, то с помощью других конвейерных лент он попадает в начало конвейера и пересматривается искусственным интеллектом заново [1, 5, 6].

Уборка улиц, выгрузка мусора из контейнеров и их вывоз на полигон или мусороперерабатывающий завод – это те профессии, которые являются довольно пыльными, трудоемкими и низкооплачиваемыми. И поэтому в этой сфере также требуется автоматизация.

Так, итальянские ученые из Высшей школы Святой Анны разработали часть проекта DustBot – DustClean (рис. 3). Данное устройство напоминает уборочную машину для чистки улицы, но отличается автономной работой без вмешательства человека. Данный

робот предназначен для работы в узких улицах и людных местах. Уборщик DustClean не способен причинить вред людям, поскольку он с помощью чувствительных сенсоров умеет распознавать препятствия [1].

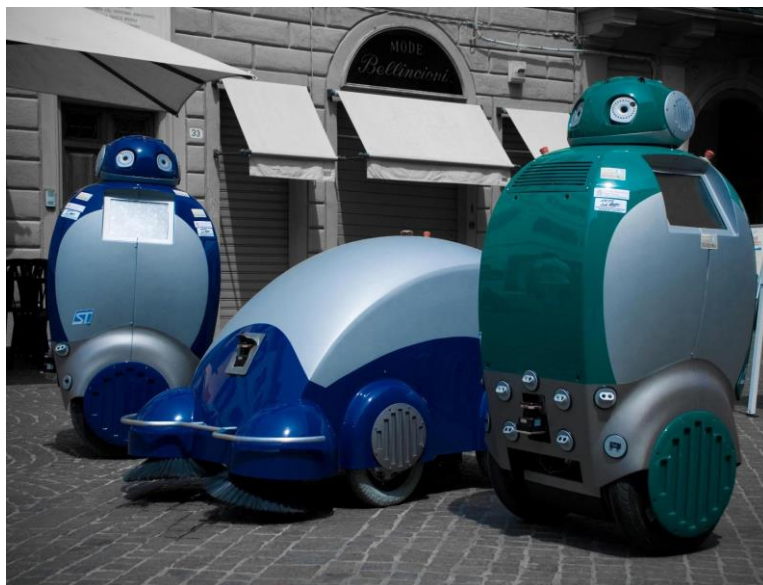


Рис. 3. Робот-уборщик DustClean

В некоторых городах России в мусорные контейнеры начали устанавливать умные датчики компании Wasteout. Они предназначены для определения уровня заполнения мусором. Когда контейнер наполнился полностью, и в нем не осталось свободного места, датчик сообщает об этом в службу по вывозу отходов, и после этого мусор начинают вывозить. Данный способ позволяет не только сэкономить деньги и время на сбор полупустых мусорных баков, но и уберегает его от переполнения, тем самым предупреждая несанкционированную свалку [6].

Сбор городских отходов также требуется не только в городской среде, но и в сильно пострадавшей природной среде. Данным примером может служить Большое мусорное пятно, о котором говорилось выше. Главная беда кроется в том, что элементы мусора могут быть приняты животными за пищу, например, полиэтиленовый пакет может быть принят черепахой за медузу, в желудках альбатроса могут оказаться куски долговечного пластика. Естественно, такой мусор не переваривается, и это является причиной гибели от голода или удушья.

Ликвидация мусора в водоемах, особенно в океанах, является довольно затруднительной задачей, и поэтому решить проблему без автоматизации и механизации процесса было бы невозможно.

Так, голландская компания RanMarine Technology разработала робота WasteShark по прототипу китовой акулы. Он предназначен для очистки закрытых водоемов (порты, озера, пруды) от мусора, а также от вредной растительности, такой как ряска. Робот плавает по заданной территории и собирает отходы, которые плавают на поверхности воды, в контейнер, который находится внутри него. Когда свободное место заканчивается, WasteShark возвращается на берег, где специалисты выгружают мусор и вновь запускают его в водоем. Такой робот за один заход может вбирать в себя примерно килограмм отходов

в минуту. То есть за один рабочий день он способен собрать до 480 килограммов мусора. WasteShark используют в Европе, ОАЭ и ЮАР. При всех своих достоинствах он имеет и недостатки: он не способен собирать мелкий мусор и не сортирует его [1, 6].

Также аналогом WasteShark является робот Marine Drone, но отличается тем, что способен плавать под водой. Внешне он выглядит как мусорная корзина. Плавая под водой, робот ловит плавающий мусор и отпугивает звуковыми сигналами океанских животных, чтобы случайно не захватить их. После того, как он набирает полную корзину, он возвращается обратно в то место, откуда его запустили. Там мусор выгружают, перезаряжают батареи и снова запускают его. Marine Drone находит применение для разбора Большого мусорного пятна [6].

Образование большого количества твердых бытовых отходов является главной проблемой, при этом их утилизация и сортировка, а также переработка во вторсырье становится сложной задачей [7, 8]. Но роботы позволяют минимизировать выбросы отходов, тем самым уменьшая ущерб окружающей среде. Одни занимаются сортировкой собранного мусора, другие собирают выбрасываемые отходы, как, например, передвижная урна, третьи чистят улицы, четвертые сигнализируют о переполнении мусорных баков, а пятые занимаются сборкой мусора в водоемах.

Список источников

1. 9 роботов, которые помогают решить экологические проблемы. – 2019. – URL : <https://recyclomag.ru/article/robotov-kotorie-pomogayut-reshitekologicheskie-problemi> (дата обращения: 28.06.2023).
2. Практичный робот TrashBot отсортирует мусор для переработки. – 2019. – URL : <https://www.techcult.ru/robots/7918-robot-trashbot-otsortiruetmusor-dlya-pererabotki> (дата обращения: 28.06.2023).
3. Гажур, А. А. Умный контейнер для автоматической сортировки мусора / А. А. Гажур, И. А. Белозеров // Современные инновационные технологии в экономике, науке, образовании : материалы V Междунар. науч.-практ. конф. ; ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2022 – М., 2022. – С. 198 – 209.
4. Smart Trashbox: A papeleira intelixente. – 2014. – URL : <https://tecnoloxia.org/2014/04/smart-trashbox-a-papeleira-intelixente/> (дата обращения: 28.06.2023).
5. Как роботы помогают справляться с загрязнением окружающей среды. – 2012. – URL : <https://rb.ru/longread/waste-robots/> (дата обращения: 28.06.2023).
6. Я – робот. Как машины спасают планету от превращения в огромную свалку. – 2021. – URL : <https://green.reo.ru/articles/tpost/h0fvvbkna1-yarobot-kak-mashini-spasayut-planetu-ot> (дата обращения: 28.06.2023).
7. Сухова, А. О. Исследование воздействия полезного использования вторсырья в АПК / А. О. Сухова, М. А. Булгаков, А. А. Башкатов // Цифровизация агропромышленного комплекса : сб. науч. ст., Тамбов, 23 – 25 октября 2024 года. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2024. – С. 200 – 202.
8. Галаюра, В. С. Перспективы вторичного использования отходов деревопереработки / В. С. Галаюра, Ю. А. Суворова // Биоразнообразие и рациональное использование природных ресурсов : материалы докладов XI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Махачкала, 27–28 апреля 2023 года. – Махачкала : Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова, 2023. – С. 197 – 200.

Е. С. Бакунин, канд. техн. наук, доцент,
Д. И. Лысенок, студент, **М. С. Гончарова**, студент
Тамбовский государственный технический университет (Россия, Тамбов)

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА УСЛОВНУЮ ВЯЗКОСТЬ МЕЛАМИНОКАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНОЙ СМОЛЫ, ПРИМЕНЯЕМОЙ В ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. В данной работе рассматривается вопрос влияния добавок на ее условную вязкость меламинакарбаминоформальдегидной смолы, применяемой в деревообрабатывающей промышленности.

Ключевые слова: меламинаформальдегидная смола, меламинакарбаминоформальдегидная смола, вязкость, добавки-загустители, деревянные панели.

E. S. Bakunin, Ph. D., Associate Professor,
D. I. Lysenok, Student, **M. S. Goncharova**, Student
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

THE EFFECT OF MODIFYING ADDITIVES ON THE CONDITIONAL VISCOSITY MELAMINE CARBAMIDE-FORMALDEHYDE RESIN USED IN THE WOODWORKING INDUSTRY

Abstract. In this paper, the question of the effect of additives on its conditional viscosity of melamine carbamide formaldehyde resin used in the woodworking industry is considered.

Keywords: melamineformaldehyde resin, melaminecarbamideformaldehyde resin, viscosity, additives-thickeners, wooden panels.

Экологический аспект является одним из приоритетных направлений развития химической технологии полимеров и смол. Существует направление «зеленой» химии, которое ставит своей целью уменьшение вреда, наносимого химическими производствами окружающей среде, а также влияние производимой продукции на экосистему и человека, в частности. Использование продуктов, применяемых в деревообрабатывающей промышленности, позволяет использовать древесные отходы в производстве продукции, что сокращает вырубку лесов и улучшает экологическую ситуацию в стране и мире.

Потребление продуктов, применяемых в деревообрабатывающей промышленности, растет, в связи с чем планомерно повышается спрос на меламинаформальдегидные и меламинакарбаминоформальдегидные смолы, которые являются одними из наиболее часто используемых клеев для наружных и полунаружных деревянных панелей, а также для изготовления и склеивания ламинатов и накладок как низкого, так и высокого давления. Их гораздо более высокая устойчивость к воздействию воды является главной отличительной характеристикой от карбаминоформальдегидных смол. Данные смолы стоят относительно дорого. Важной характеристикой клеев, полученных на основе таких смол, влияющей на процесс нанесения клея на поверхность, является условная вязкость.

В данной работе представлены результаты исследования влияния ряда добавок-загустителей на условную вязкость меламинакарбаминоформальдегидной смолы. Для исследования использовалась меламинакарбаминоформальдегидная смола Кратамин 2130 произ-

водства АО «Пигмент», применяемая при производстве фанеры. Загущающие добавки вносились в навеску смолы и диспергировались в ней в течение 5 мин с помощью лабораторного гомогенизатора HG-15A-Set Daihan на скорости вращения 13 000 об/мин. После чего образец термостатировался при температуре 20 °С и производилось измерение условной вязкости по вискозиметру ВЗ-4. При этом исходная смола, без добавок, подвергалась аналогичной процедуре – проходила обработку на гомогенизаторе, так как сама по себе эта процедура также влияет на условную вязкость, а именно приводит к ее уменьшению.

Древесная мука, представляющая собой мелкодисперсную древесину хвойных пород, предварительно просеивалась через сито с размером ячеек 0,315 мм. После введения древесной муки внешний вид смолы изменялся с геля прозрачного цвета на светло-коричневую густую массу. С добавкой аэросил 300 цвет состава становился белым. Добавка лигносульфоната, являющегося продуктом переработки древесины, существенно изменяла цвет смолы на темно-коричневый. Графики зависимости условной вязкости смолы с различными загустителями представлены на рис. 1.

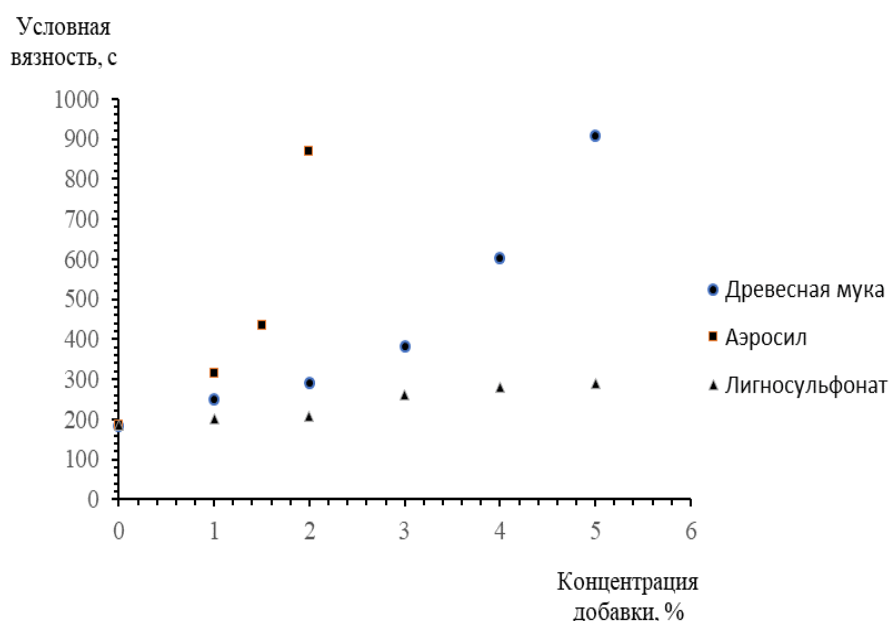


Рис. 1. Зависимость условной вязкости меламинакарбаминоформальдегидной смолы от концентрации добавок-загустителей

Из представленных данных видно, что при введении древесной муки вязкость до определенного предела возрастает практически линейно, затем имеется перелом и более резкий ее рост. Аналогичную картину можно наблюдать в случае добавки аэросила 300, при этом значительные величины условной вязкости достигаются при невысоком, в сравнении с другими добавками, значении массовой концентрации. Это объясняется высокой степенью дисперсности вводимого материала. При этом следует отметить, что аэросил имеет наиболее высокую цену из рассмотренных добавок. Увеличение концентрации лигносульфоната ведет к плавному постепенному росту условной вязкости.

Таким образом, все перечисленные добавки могут быть использованы в качестве загустителей для меламинакарбаминоформальдегидной смолы при составлении клеевых композиций на ее основе. Представляют интерес исследования совместного влияния представленных добавок, а также времени обработки на гомогенизаторе на условную вязкость смолы. Эти исследования планируются в наших дальнейших работах.

И. В. Владимцева, д-р биол. наук, профессор,
М. Катехлиев, магистрант, **А. А. Тихонова**, инженер
Волгоградский государственный технический университет (Волгоград, Россия)

**ВЫДЕЛЕНИЕ ИЗ ПОЧВЫ БАКТЕРИАЛЬНОГО ШТАММА,
УТИЛИЗИРУЮЩЕГО ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ
В СТОЧНЫХ ВОДАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Аннотация. Из объектов внешней среды (почвы) была выделена микробная культура, способная расти и утилизировать нитрат свинца, находящийся в среде культивирования. Получена чистая культура штамма, определены его культуральные и морфологические свойства.

Ключевые слова: биологическая очистка сточных вод, утилизация тяжелых металлов.

I. V. Vladimtseva, Doctor of Biological Sciences, Professor,
M. Katechliev, Master's Student, **A. A. Tichonova**, Engineer
Volgograd State Technical University (Volgograd, Russia)

**ISOLATION OF A BACTERIAL STRAIN FROM THE SOIL
THAT RECYCLES HEAVY METALS
IN THE WASTEWATER OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE**

Abstract. A microbial culture capable of growing and utilizing lead nitrate in the cultivation medium was isolated from environmental objects (soil). A pure culture of the strain was obtained, its cultural and morphological properties were determined.

Keywords: biological wastewater treatment, heavy metal recycling

Тяжелые металлы (свинец, цинк, кадмий, ртуть, молибден, хром, марганец, никель, олово, кобальт, титан, медь, ванадий) являются одними из сильнейших по отрицательному воздействию на человека химических загрязнителей сточных вод. Наибольшую опасность представляют сточные воды промышленных предприятий металлургической, машиностроительной, приборостроительной, автомобильной и других отраслей промышленности, стоки которых содержат токсичные ионы металлов Cr(VI), Fe(III), Zn(II), Cu(II), Ni(II), Al(III).

Проводимая в настоящее время очистка стоков от тяжелых металлов химическими, физическими, электрохимическими способами [1] дорога, громоздка и не всегда обеспечивает высокую степень очистки. Многие производственные предприятия используют устаревшие очистные сооружения, которые не выполняют свои функции. Штрафные санкции за сброс тяжелых металлов в воду становятся все жестче, но это не решает проблемы.

Одним из путей минимизации последствий загрязнения стоков тяжелыми металлами является использование биологического метода очистки. Метод основан на способности микроорганизмов использовать для своей жизнедеятельности химические соединения, в том числе тяжелые металлы, в качестве источников питания и энергии [2]. К достоинствам данной очистки относится доступность, отсутствие необходимости применения химических реагентов, низкие энергозатраты, простота реализации процессов очистки сточных вод, стабильность окислительных процессов при непостоянстве состава и концентрации загрязнителей входящего потока сточных вод. Кроме того, биологический метод очистки характеризуется высокой эффективностью и безопасностью с экологической точки зрения.

В связи с указанными преимуществами биологический метод утилизации металло-содержащих сточных вод является в настоящее время весьма перспективным.

Эффективность биологической очистки связана с процессами роста и метаболизма бактериальных клеток, осуществляющих биodeградацию загрязнений. Чем выше скорость роста и ферментативная активность микроорганизмов, тем успешнее и в более короткие сроки будут осуществлены извлечение и биodeградация токсикантов. В связи с этим использование быстро растущих микробных культур, наиболее интенсивно поглощающих загрязнения, является актуальной задачей.

Целью исследований являлось изоляция из объектов внешней среды индивидуальных штаммов микроорганизмов, осуществляющих утилизацию тяжелых металлов.

В качестве источника выделения бактериальных культур, потребляющих тяжелые металлы, была использована почва, загрязненная отходами металлургического предприятия. Выделение микроорганизмов проводили путем посева почвенной вытяжки на селективную среду, содержащую изучаемый загрязнитель (нитрат свинца). Для приготовления почвенной вытяжки к 1 г почвы добавили 10 мл 0,89% NaCl, перемешали и отстаивали в течение 1 мин. Надосадочную жидкость, содержащую микроорганизмы почвы, высевали для выделения изолированных колоний на пластинки селективной питательной среды, приготовленной на основе плотной агаровой среды производства ООО «Биокомпас С» (г. Углич) с добавлением 0,1% раствора нитрата свинца. Расплавленный на водяной бане агар наливали в стерильные пробирки в объеме 20 мл, добавляли по 2 мл 1% раствора нитрата свинца, перемешивали и выливали в стерильные чашки Петри. После застывания агара во все чашки заливали по 1 мл почвенной вытяжки. Инкубацию посевов осуществляли при 37 °С в течение 24 ч, после чего проводили визуальный анализ выросших колоний. Полученные на среде изолированные колонии отсеивали в пробирки со скошенным питательным агаром и выдерживали в термостате 24 ч при 37 °С.

В процессе экспериментальной работы были выделены чистые культуры трех бактериальных штаммов, растущих на среде, содержащей нитрат свинца.

Исследование интенсивности роста полученных чистых бактериальных культур проводили в селективной жидкой питательной среде, содержащей 0,2% глюкозы, 0,6% пептона, 0,2% ферментативного гидролизата казеина и 1% нитрата свинца. Среду в объеме 5 мл засеивали выделенными культурами в объеме 0,1 мл с концентрацией бактерий 10^9 м.к./мл. Культивирование посевов осуществляли в течение 24 ч при 37 °С. Интенсивность роста штаммов оценивали оптическим методом, определяя светопропускание образцов при длине волны 325 нм на спектрофотометре РВ 2201 (ЗАО «СОЛАР», Беларусь). Результаты количественного определения биомассы штаммов приведены на рис. 1.

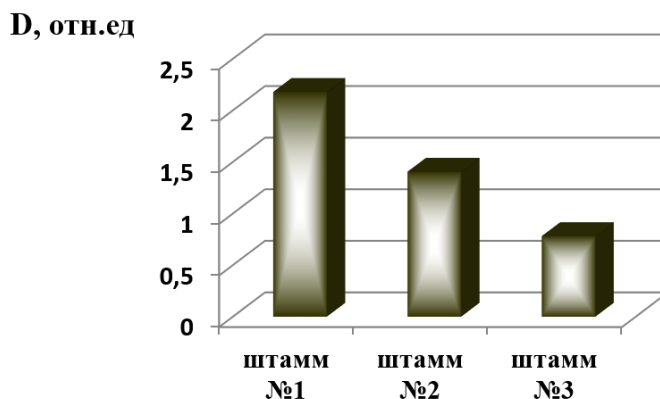


Рис. 1. Определение интенсивности роста выделенных культур

Полученные результаты позволили выбрать бактериальный штамм (№ 1), дающий наибольшее количество биомассы на среде, содержащей нитрат свинца. Полученная культура была обозначена *ВГТУ РВ1*.

Культурные свойства выделенного штамма оценивали, анализируя внешний вид изолированных колоний. Культура *ВГТУ РВ1* формировала сухие складчатые колонии белого цвета с волнистым краем размером 0,3...0,5 см.

Морфологические свойства культуры определяли по результатам окраски по Граму и микроскопирования в проходящем свете цифрового оптического микроскопа Levenhuk Med D10T LCD (производства КНР). На рисунке 2 приведена микрофотография клеток выделенного штамма.



Рис. 2. Микрофотография бактерий штамма *ВГТУ РВ1* (окраска по Граму). Увеличение $\times 1000$

В соответствии с результатами микроскопирования и окраски по Граму микроорганизмы штамма *ВГТУ РВ1* относятся к грамположительным бактериям палочковидной формы. В дальнейшем планируется идентификация выделенного микроорганизма бактериологическим и молекулярно-генетическим методами.

Таким образом, из объектов внешней среды (почвы) была выделена микробная культура, способная расти и утилизировать нитрат свинца, находящийся в среде культивирования. Получена чистая культура штамма, определены его культуральные и морфологические свойства. Выделенная культура перспективна для дальнейших исследований в целях конструирования бактериального препарата, утилизирующего тяжелые металлы в процессе биологической очистки сточных вод.

Список источников

1. Семенов, А. Ф. Обзор современных методов очистки сточных вод гальванических производств от ионов тяжелых металлов / А. Ф. Семенов, Е. Ю. Либерман, В. А. Колесников // Успехи в химии и химической технологии. – 2020. – № 4. – С. 83 – 85.
2. Буракаева, А. Д. Роль микроорганизмов в очистке сточных вод от тяжелых металлов / А. Д. Буракаева, А. М. Русанов. – Оренбург, 1999. – 53 с.

References

1. Semenov A. F., Liberman E. Yu., and Kolesnikov V. A., Review of modern methods of wastewater treatment of galvanic industries from heavy metal ions. // Advances in chemistry and chemical technology. – 2020. – No. 4. – P. 83 – 85.
2. Burakaeva A. D., Rusanov A. M. The role of microorganisms in wastewater treatment from heavy metals. – Orenburg, 1999. – 53 p.

П. А. Галкин, канд. техн. наук, доцент,
О. В. Ломакина, канд. техн. наук, доцент

Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ОСОБЕННОСТИ СКЛАДИРОВАНИЯ И ПЕРЕВОЗКИ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. Рассмотрены вопросы применения нетканых материалов, а также проблемы, возникающие при складировании, хранении и перевозке готовой продукции. Предложена конструкция установки складывания полотна материала пополам, что значительно упрощает указанные процессы, а также уменьшает количество стыковочных швов при использовании.

Ключевые слова: нетканый материал, складирование, перевозка.

P. A. Galkin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
O. V. Lomakina, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

FEATURES OF WAREHOUSING AND TRANSPORTATION OF FINISHED PRODUCTS IN THE PRODUCTION OF NONWOVENS

Abstract. The issues of the use of nonwovens, as well as the problems arising in the storage, storage and transportation of finished products, are considered. The design of the installation for folding the material web in half is proposed, which greatly simplifies these processes, and also reduces the number of docking seams during use.

Keywords: non-woven fabric, storage, conveyance.

В сырьевой базе отечественного производства нетканых материалов, как и во всем мире, происходит постепенное вытеснение натуральных волокон химическими. Сегодня объем ежегодно потребляемых волокон в подотрасли составляет около 38 тыс. т, из них примерно 2/3 приходится на химические волокна. Такой рост потребности в химических волокнах объясняется растущим спросом на нетканые материалы нового поколения с полифункциональными свойствами (фильтровальные, санитарно-гигиенические, медицинские и др.), для производства которых необходимы химические волокна самого разнообразного ассортимента – от сверхтонких до волокон высоких линейных плотностей, бикомпонентных, силиконизированных, негорючих, высокоизвитых и др. [1].

В ряде отраслей промышленности, где применяется спанбонд, таких как: аграрная, строительная, швейная и в некоторых других, важны максимальные размеры целостного полотна, т.е. без склеивания, спайки, шитья и т.д. Максимально полезная ширина полотна большинства линий по производству спанбонда составляет 3,2 м. Под полезной шириной полотна понимается ширина полотна, в любой точке которого материал имеет однородную структуру и отвечает всем заявленным техническим характеристикам, таким как: поверхностная плотность, разрывные нагрузки в продольном и поперечном направлениях, пропускная способность и проницаемость. При соединении нескольких рулонов между собой раз-

личными способами (сшивание, склейка, сварка) для увеличения полезной ширины полотна в месте скрепления материал теряет свои технические характеристики, заявленные производителем: увеличивается поверхностная плотность и, как следствие, уменьшается пропускная способность и проницаемость, теряется однородность полотна, плюс потери при скреплении. Также стоит отметить, что процесс скрепления рулонов между собой при длине рулона от 150 м является довольно кропотливым и трудоемким, где не исключено появление брака. Данные факторы значительно влияют на трудозатраты при достижении заданной цели, и как следствие, на себестоимость готовой продукции.

Помимо вышеизложенного, возникают проблемы хранения, погрузо-разгрузочных работ и транспортировки готовой продукции. При максимальной рабочей ширине материала в 3,2 м рулоны готовой продукции очень проблематично хранить на складе. Такие рулоны возможно складировать только в горизонтальном положении, что занимает значительную площадь.

При ширине рулона готовой продукции в 3,2 м погрузка и транспортировка возможны лишь в одном положении – укладка рулонов вдоль бортов полуприцепа друг на друга горизонтально, т.е. возникают затруднения, аналогичные неудобствам при складировании и хранении. Помимо этого, высока вероятность нарушения целостности упаковки и самого материала в процессе транспортировки и разгрузки, что неприемлемо в современных реалиях.

Наиболее простым и эффективным решением указанных проблем было бы сокращение длины рулонов готовой продукции путем складывания готового полотна пополам. Таким образом можно уменьшить геометрическую длину рулонов с 3,2 до 1,6 м, сохраняя при этом полезную ширину материала максимальной – 3,2 м, однородность материала и все заявленные характеристики материала по всей поверхности рулона. Складывание полотна должно осуществляться в технологической цепочке производства нетканого материала на этапе разбраковки, после обрезки кромок полотна, до формирования рулона.

Конструкция разработанной установки складывания представлена на рис. 1.

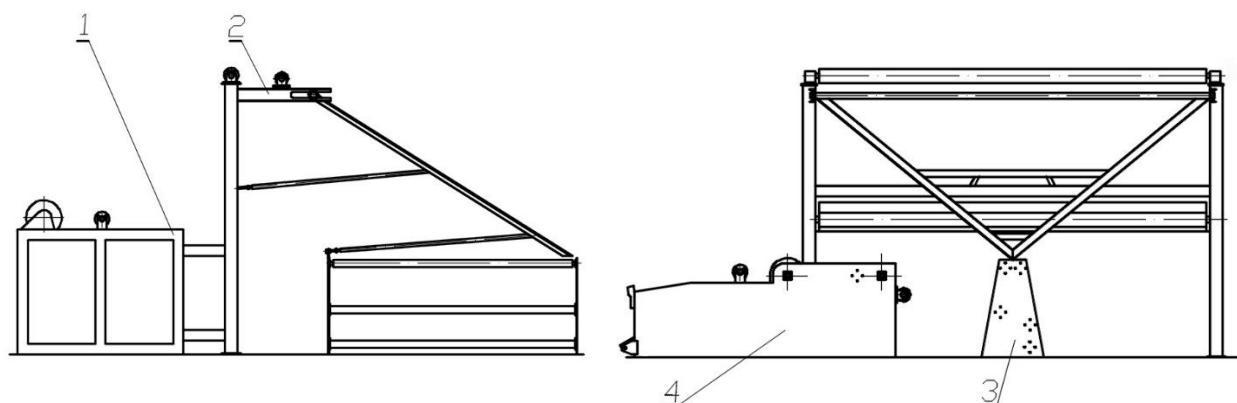


Рис. 1. Установка для складывания полотна нетканого материала

Установка состоит из следующих основных узлов: подающий узел 1, узел складывания 2 и приемный узел 4. На подающем узле в подвижных опорах размещают вал с исходным рулоном материала с производственной линии. С помощью пневмоцилиндров указанный вал прижимается к приводному подающему валу, который получает вращение от мотор-редуктора через цепную передачу. Далее полотно материала поступает на верхний направ-

ляющий вал и на узел складывания 2, который представляет собой раму в форме равнобедренного треугольника, выполненную из стального уголка. Здесь происходит складывание полотна пополам и подача его на валковое устройство 3, где материал проходит через вальцы, завершающие процесс складывания. После этого полотно поступает на первичный вал приемного узла 4. На этом этапе происходит обрезка кромки материала и укладка его на намоточный вал. Следует отметить, что обрезанная кромка возвращается в производство, где на соответствующей технологической операции используется повторно. Необходимое натяжение полотна создается с помощью приводного тягового барабана, к которому пневмоцилиндрами прижимается намоточный барабан, установленный в подвижных опорах. Тяговый барабан приводится во вращение от мотор-редуктора, через цепную передачу. После намотки необходимого количества материала, рулон снимается с приемного узла и процесс повторяется.

Данная установка нашла свое широкое применение в производстве нетканых материалов «Спанбонд» завода ООО «КЗНМ», имеется акт о внедрении.

Список источников

1. Сергеев, А. П. Направления развития мирового рынка нетканых материалов / А. П. Сергеев // Современные технологии производства нетканых материалов : сб. материалов : к 40-летию основания кафедры технологии нетканых материалов. – М. : Изд-во ФГБОУ ВО «МГУДиТ», 2015. – С. 13 – 19.

В. М. Дмитриев, д-р техн. наук, профессор,
Е. А. Сергеева, канд. техн. наук, доцент
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

МОДИФИКАЦИЯ СУШИЛЬНЫХ АППАРАТОВ С ВЗВЕШЕННЫМ СЛОЕМ ИНЕРТНОГО НОСИТЕЛЯ

Аннотация. Рассматриваются возможности повышения производительности сушильной аппаратуры и улучшения качества целевого продукта путем использования центробежных классификаторов с контролируемым перемещением в сушильном объеме.

Ключевые слова: конвективная сушка в закрученных слоях инертного материала, тепломассоперенос.

V. M. Dmitriev, Doctor of Engineering Sciences, Professor,
E. A. Sergeeva, Ph. D. Tech. Sciences, Associate Professor
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

MODIFICATION OF DRYING DEVICES WITH A WEIGHED BED OF INERT CARRIER

Abstract. The article discusses the possibilities of increasing the productivity of drying equipment and improving the quality of the target product by using centrifugal classifiers with controlled movement in the drying volume.

Keywords: convective drying in swirling layers of inert material, heat and mass transfer.

В процессе применения сушильного оборудования, адаптированного в аспекте экологического подхода, достаточно широко применяются сушильные комплексы с нагруженными гидродинамическими режимами, в том числе аппараты, применяющие закрученные слои зернистых носителей для проведения массообменных процессов [1]. Рассматриваемым аппаратам присущи следующие недостатки: недостаточно выраженная высота рабочего объема с инертными слоями; невысокое значение кинетической энергии взаимодействующих инертных тел для дезагрегирования обезвоженных пленок материалов, заметно адгезирующих при высыхании к внутренним поверхностям аппаратуры; рост производительности аппаратов за счет большого объемного расхода сушильного агента и количества носимых инертных частиц, что приводит к выраженному хаотичному увеличению массы захватываемого выходящим теплоносителем еще недостаточно высушенного материала в форме чешуйчатых элементов, а также захвату недопустимого количества инертных тел. Это не может не сказаться на качестве материала на выходе, а также приводит к высокой неоднородности по остаточному количеству влаги в продукте.

Вышеуказанные недостатки устранены в предлагаемой сушильной установке (рис. 1), которая дополнена центробежным классификатором с электрическим приводом.

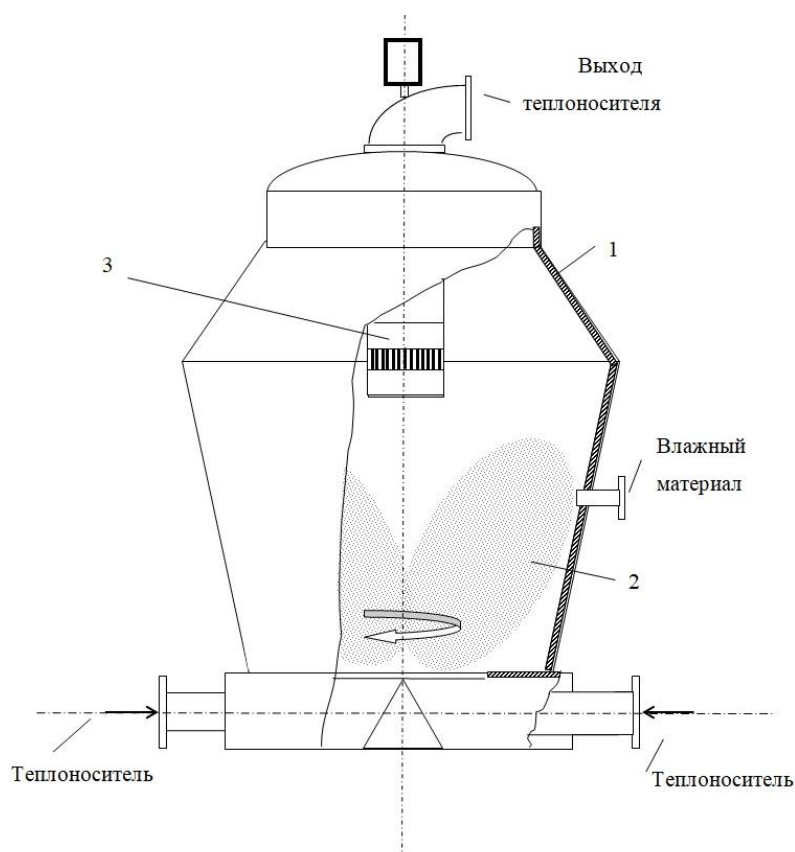


Рис. 1. Сушилка с взвешенным закрученным слоем инертного материала:

1 – цилиндроконический корпус; 2 – закрученный слой инертного материала;

3 – центробежный классификатор

Описание принципа работы сушилки. В корпусе 1 размещаются инертные частицы сферической формы, диаметр которых варьируется в пределах 3,5...5,5 мм. Плотность частиц составляет от 1000 до 2300 кг/м³. Корпус имеет биконическую форму. Сушильный агент подается в сушилку тангенциально, при этом инерт переходит во взвешенное состояние. Происходит перераспределение частиц инерта по размеру и плотности – более крупные и тяжелые опускаются в нижнюю часть аппарата, более мелкие находятся в верхней части. При этом образующийся кольцеобразный достаточно плотный закрученный слой инертных частиц 2 имеет высоту, присущую именно аппаратам с конической формой рабочей камеры и инертном, неоднородным по размеру и плотности частиц. Данный закрученный слой достаточно устойчив именно в силу полидисперсности инертного носителя.

Исходный материал с начальной влажностью в виде гранул небольшого размера поступает в рабочий объем аппарата, распределяется между инертными частицами и на их поверхности, включаясь в закрученное движение и постепенно теряя влагу в процессе высушивания.

При сушке происходит отслаивание высохшего продукта и его истирание в слое инертных тел. Измельченный в порошок материал выводится в потоке отработанного сушильного агента в виде аэровзвеси.

Признаком, отличающим данное оборудование от аналогов, является снабженный центробежным классификатором 3 выходной канал. Классификатор работает на электрическом приводе и имеет соосное регулировочное кольцо и радиальные пластины в конструкции. Это позволяет эффективно использовать действие центробежных сил для организации

закручивания с необходимой интенсивностью отработанного сушильного агента и классификации удаляемого готового продукта в уходящем теплоносителе.

При использовании центробежного классификатора удаляемый поток отработанного воздуха с пылевидным высушенным продуктом, находясь во внутреннем патрубке, активно закручивается лопастями классификатора и удаляется через окна в выходном патрубке за счет центробежной силы. При этом крупные и тяжелые частицы материала, имеющие, скорее всего, высокую влажность, возвращаются в рабочую камеру для дальнейшего досушивания и размельчения в рабочем слое инертных частиц. Дополнительно происходит и соответствующее возвращение в слой инертных частиц, которые случайным образом попали в выходную часть аппарата.

Лопастни классификатора своими рабочими поверхностями активно воздействуют на крупные частицы высушенного продукта, деформируя интенсивными ударами еще пластичный материал, при этом образуются дополнительные новые поверхности тепломассопереноса и истирающего контакта.

Инертные частицы, случайно попавшие в отработанный поток теплоносителя, также подвергаются интенсивной ударной очистке в классификаторе с возвратом в закрученный слой инертных тел.

В предлагаемом аппарате реализованы три возможных вида регулирования дисперсного состава высушиваемого продукта: во-первых, по диапазону дисперсности материала, возвращаемого в аппарат на досушивание; во-вторых, по высоте зоны центробежного разделения; в-третьих, по скорости в зависимости от требований к свойствам высушиваемого продукта (чешуйки, волокна и т.д.).

Например, при нежелательности излишнего измельчения готового продукта применяют совмещение ротора центробежного классификатора с верхним срезом окон патрубка, при этом исключается чрезмерное истирание высушенного продукта. Напротив, при необходимости получения основной части готового продукта в виде более мелкодисперсной фракции увеличивают высоту зоны центробежного разделения.

В данной конструкции реализована возможность существенного увеличения расхода теплоносителя и количества инертных тел в целях повышения производительности без ущерба для качества получаемого материала. Этому способствует организация дополнительной регулируемой сепарации отработанного теплоносителя. Также более полно по сравнению с аналогичными конструкциями происходит использование рабочего объема сушильного аппарата, увеличивается объем инертных тел, интенсифицируется ударно-истирающее действие на инертные тела, что и определяет в итоге повышение производительности сушильного аппарата.

Список источников

1. Исследование аппарата с закрученным псевдооживленным слоем инертного материала / С. П. Рудобашта, А. М. Воробьев, Г. С. Кормильцин, В. М. Дмитриев // Химия и химическая технология. –1988. – № 12. – С. 121 – 125.

References

1. Rudobashta S. P., Vorobyov A. M., Kormiltsin G. S., Dmitriev V. M. Study of an apparatus with a swirling fluidized layer of inert material // Chemistry and chemical technology. – 1988. – No. 12. – P. 121 – 125.

В. М. Дмитриев, д-р техн. наук, профессор,

Е. А. Сергеева, канд. техн. наук, доцент

Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОДИНАМИКИ АППАРАТОВ С АКТИВНЫМ ВЗВЕШЕННЫМ СЛОЕМ КОМБИНИРОВАННЫХ ИНЕРТНЫХ НОСИТЕЛЕЙ

Аннотация. В статье рассматриваются отличия гидродинамических режимов в одно- и много-секционных сушильных аппаратах с взвешенным слоем.

Ключевые слова: конвективная сушка в закрученных слоях инертного материала, гидродинамика, секционные аппараты.

V. M. Dmitriev, Doctor of Engineering Sciences, Professor,

E. A. Sergeeva, Ph. D. Tech. Sciences, Associate Professor

Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

FEATURES OF HYDRODYNAMICS OF DEVICES WITH AN ACTIVE SUSPENDED LAYER OF COMBINED INERT CARRIERS

Abstract. The article discusses the differences in hydrodynamic regimes in single- and multi-section suspended-bed dryers.

Keywords: convective drying in swirling layers of inert material, hydrodynamics, sectional apparatus.

При выборе дутьевого оборудования требуется учитывать гидродинамические особенности работы оборудования с кипящим слоем инертного носителя полидисперсного состава, а именно необходимость создания увеличенного примерно на 4%, по сравнению с рабочим, давления при переходе во взвешенное состояние. Это касается в первую очередь аппаратуры кипящего слоя с постоянным поперечным сечением. При использовании аппаратов конической формы разность давлений во время перехода слоя инертных носителей во взвешенное состояние превышает предполагаемое по расчету гидравлическое сопротивление в 2–3 раза.

Движение закрученного потока инертного носителя по нелинейной траектории сопровождается действием на дисперсную фазу сил трения частиц о внутреннюю часть обечайки и между отдельными частицами, а также центробежной силы. При этом скорость частиц снижается, а контактирующие фазы движутся друг относительно друга быстрее.

Если сушильный аппарат с закрученным слоем выполнен в виде отдельных секций в продольном направлении, то в местах соединения секций образуются внутренние поверхности (стенки внутренних конусов), на которых происходит дополнительное снижение скорости частиц. Это приводит к увеличению количества заторможенных частиц материала и, соответственно, затруднению движения потока твердой фазы из-за локального скопления данных частиц, вследствие чего наблюдается повышение коэффициентов тепломассопереноса.

В сушилках с одним корпусом повышение центробежной силы, действующей на отдельные элементы высушиваемого материала, ограничено некоторым пороговым уровнем, достижение которого сопровождается перемещением большей части материала к внутренней части обечайки аппарата, при этом срединная зона аппарата оказывается пустой, теплоноситель прорывается без помех, не выполняя целевую функцию – высушивание продукта.

Очевидно, что при добавлении дополнительных внутренних поверхностей в конструкцию возрастает гидродинамическое сопротивление системы, замедляющее в значительной степени воздушный поток. При этом существенно снижается вероятность прорыва теплоносителя по осевой линии.

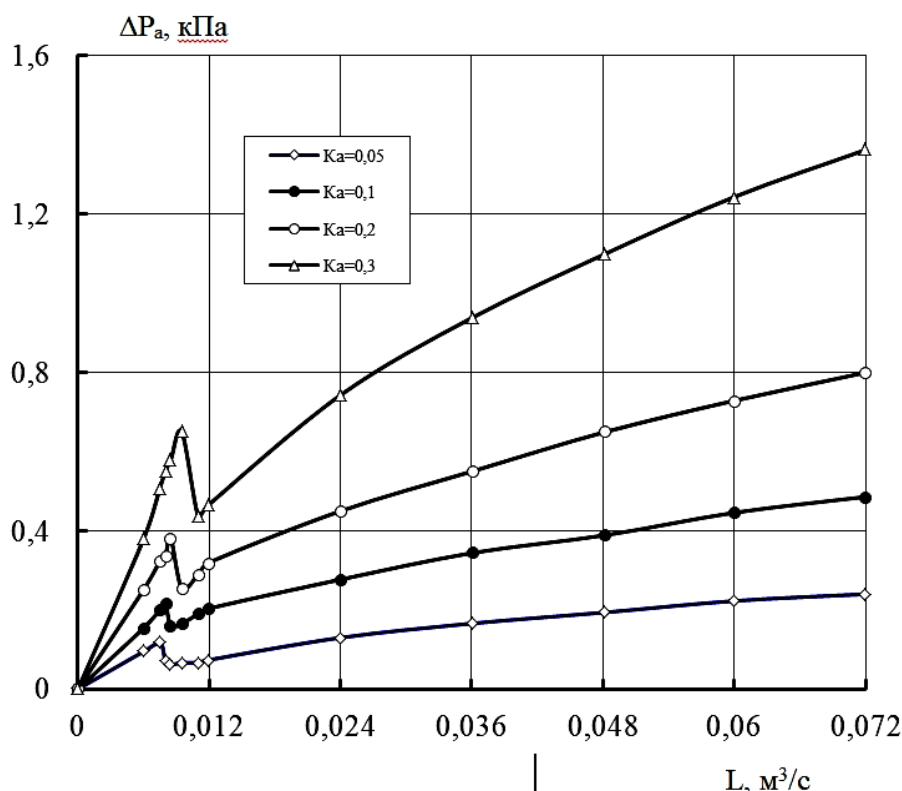


Рис. 1. Зависимость гидравлического сопротивления ΔP_a рабочей камеры секционированного сушильного аппарата от расхода теплоносителя L и коэффициента заполнения аппарата K_a

Одновременно с положительными аспектами секционирование аппаратуры имеет и отрицательные стороны. Увеличение количества секций, т.е. длины и дополнительных ограждающих конструкций, приведет к повышению полного гидравлического сопротивления аппарата.

Рисунок 1 иллюстрирует влияние объемного расхода теплоносителя и коэффициента заполнения аппарата на гидравлическое сопротивление рабочей камеры сушилки. При анализе отмечается наличие пикового повышения давления с превышением номинального на 30%. Можно заметить, что зависимость сопротивления рабочей камеры сушилки от коэффициента заполнения аппарата, а также от расхода теплоносителя имеет вид возрастающих функций.

Результаты экспериментов (рис. 2) показали высокую эффективность продольного секционирования. Аппарат, состоящий из двух частей, обеспечивает повышение удержива-

ющей способности по высушиваемому материалу примерно в 2–2,5 раза по сравнению с однокорпусным сушильным аппаратом. При этом обеспечивается как рост поверхности контактного теплообмена, так и увеличение продолжительности обработки исходного материала в аппарате.

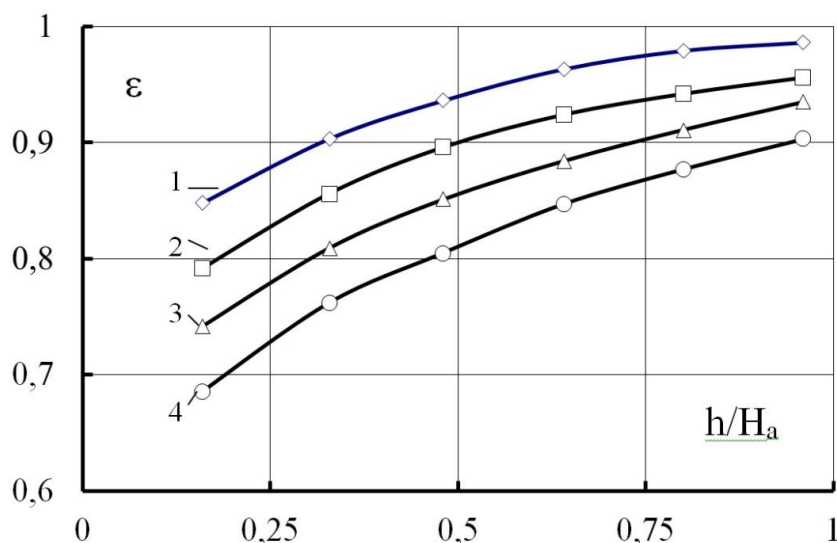


Рис. 2. Порозность внутреннего слоя в зависимости от высоты рабочей части аппарата при различной степени заполнения рабочего объема:
 1 – $K_a = 0,05$; 2 – $K_a = 0,10$; 3 – $K_a = 0,15$; 4 – $K_a = 0,20$

В результате исследований установлено, что порозность слоя существенно различается по высоте сушилки. По мере подъема внешнего потока закрутка слоя постепенно вырождается, увеличивается скорость теплоносителя в вертикальном направлении, при этом порозность слоя растет от 0,7 до примерно 1. В верхней части внешнего слоя при порозности, близкой к порозности разрушения взвешенного слоя, происходит вынос частиц материала из внешнего слоя во внутренний слой и их спиралеобразное нисходящее движение вплоть до нижней части аппарата. Внутренний слой характеризуется меньшей активностью гидродинамического режима, чем внешний. В нижней части аппарата скорость потока теплоносителя в вертикальном направлении на 10...15% выше скорости уноса частиц, поэтому происходит вынос материала из аппарата.

Многосекционные аппараты отличаются также более упорядоченной структурой потока по сравнению с односекционными. Это обусловлено наличием дополнительных поверхностей фазового контакта и более выраженной стесненностью потока твердой фазы. При этом снижается возможность непроизводительного проскока теплоносителя и, соответственно, преждевременного выброса частиц из нижнего отдела аппарата в верхний. Критерий Пекле, характеризующий структуру потока твердой фазы (рис. 3), повышается с 2...5 для односекционных аппаратов и до 18...26 – для многосекционных.

Дополнительно можно отметить, что при раздельной подаче теплоносителя по секциям становится возможным поддерживать параметры теплоносителя на отличающихся уровнях для разных секций. Это позволяет избежать опасного термического воздействия на термолабильные материалы, применяя высокотемпературный теплоноситель только в первых секциях аппаратов.

При дроблении первичного материала получается вторичный полимерный гранулят, свойства которого отличаются высокой неоднородностью как по дисперсному составу, так и по форме отдельных частиц.

Частицы разного размера движутся совместно, при этом мелкая фракция при восходящем прямоточном движении и постоянных соударениях частиц друг с другом способствует резкому повышению скорости крупных частиц. Напротив, при нисходящем противотоке мелкие частицы снижают скорость более крупных фракций.

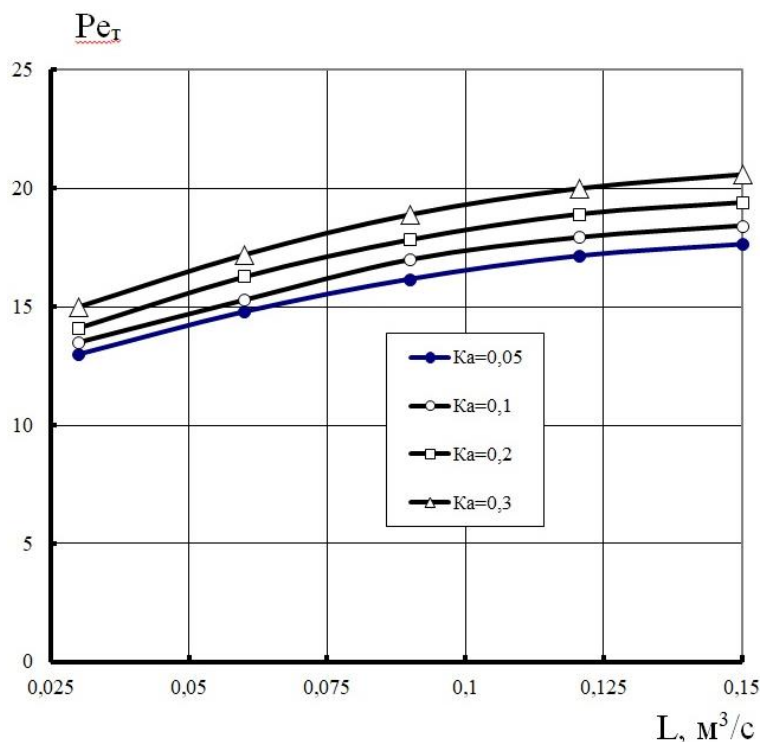


Рис. 3. Зависимость числа Пекле от расхода теплоносителя и степени заполнения аппарата с продольным двукратным секционированием

Так как рассматриваемые секционные аппараты используют последовательно режимы восходящего прямотока и нисходящего противотока, попеременное повышение и понижение скорости движения крупной и мелкой фракций приводит к выравниванию времени пребывания полидисперсных частиц в исследуемых аппаратах, следовательно, к повышению качества целевого продукта.

Список источников

1. Исследование аппарата с закрученным псевдоожиженным слоем инертного материала / С. П. Рудобашта, А. М. Воробьев, Г. С. Кормильцин, В. М. Дмитриев // Химия и химическая технология. – 1988. – № 12. – С. 121 – 125.

References

1. Rudobashta S. P., Vorobyov A. M., Kormiltsin G. S., Dmitriev V. M. Study of an apparatus with a swirling fluidized layer of inert material // Chemistry and chemical technology. – 1988. – No. 12. – P. 121 – 125.

А. О. Сухова, канд. техн. наук, доцент,
А. В. Козачек, канд. пед. наук, доцент, зав. кафедрой, **С. О. Жоголева**, студент
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОПИЛОК ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕКОРАТИВНЫХ ИЗДЕЛИЙ В ЦЕЛЯХ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБОТКИ

Аннотация. В данной работе представлен один из способов рационального использования древесных отходов, а именно опилок.

Ключевые слова: рациональное природопользование, древесные отходы.

A. O. Sukhova, Ph. D., Associate Professor, **A. V. Kozachek**, Ph. D., Associate Professor,
Head of the Department, **S. O. Zhogoleva**, Student
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

Abstract. This paper presents one of the ways of rational use of wood waste, namely sawdust.

Keywords: rational use of natural resources, wood waste.

Во время фактически любого техногенного процесса образуются большие объемы отходов, деревообработка – не исключение. В отходы деревообрабатывающей промышленности уходит до 65% добываемой древесины [1].

Деревообрабатывающая промышленность объединяет компании, занимающиеся заготовкой и переработкой древесины и других лесных ресурсов. Деревообрабатывающая промышленность базируется на лесопильном, лесозаготовительном, деревообрабатывающем, целлюлозно-бумажном и древесно-химическом производствах. Компании этой отрасли производят не только потребительские товары, но и готовую продукцию, используемую в агрохозяйстве, строительстве, пищевой и других отраслях [1].

Утилизация опилок является достаточно существенной проблемой техногенной безопасности, так как при сжигании таких отходов выделяются большие объемы углекислого газа (CO₂), негативно влияющего на организм человека.

Почвы, содержащие большое количество рыхлящих органических веществ, в частности опилок, воздухопроницаемы и хорошо впитывают влагу, а растения на таких землях прекрасно развиваются. Такие почвы практически не образуют корку, вредную для растений, а значит, рыхлить их требуется гораздо реже. Однако все это справедливо лишь в случае использования перепревших или хотя бы полуперепревших опилок, которые, в отличие от свежих опилок, имеют темно-коричневый или, соответственно, светло-коричневый оттенок. А перепревание опилок – процесс небыстрый: свежие древесные опилки перегнивают на открытом воздухе очень медленно (10 лет и более). Таким образом, если не сжечь такие отходы, опилки сильно окислят почвы, что негативно скажется на культурных растениях, а значит, и на качестве агропродукции [2].

В рамках проектной деятельности Тамбовского государственного технического университета был поставлен вопрос о способе рационального использования отходов деревообрабатывающей промышленности, а также проведены исследования данной проблемы. Современные способы переработки не в полной мере удовлетворяют нужды деревообрабатывающих производств. Так, к примеру, далеко не все виды отходов могут служить в качестве сырья для рециклинга. Связано это с тем, что существуют некоторые технологические ограничения. Отходы, которые остаются после процесса лесозаготовительной деятельности, очень часто становятся брошенными на участках, где проходила рубка деревьев.

В основном исследование направлено на разработку экологичного продукта из неиспользованных отходов древесины. В ходе работы принято решение об использовании древесных опилок в качестве материала для изготовления горшочков. Данное изделие предназначено для посадки различных растений, что может быть актуально как для оранжерейных или тепличных хозяйств, так и для домашнего использования. Также возможен запуск массового производства. Для того чтобы сделать горшок, потребовались не только опилки, но и смесь воды, муки и крахмала. Затем сформированные горшочки были отправлены в муфельную печь, чтобы состав застыл. Процесс создания изделия представлен на рис. 1.

При декорировании изделия использовался джутовый шпагат, который также является экологически безопасным. Джут – натуральное текстильное волокно, изготавливаемое из растений одноименного рода [3]. Процесс декорирования представлен на рис. 2.

Данный продукт является не только экологичным, но и экономичным, так как себестоимость одного изделия составила 60 российских рублей.

Горшочек из опилок полностью удовлетворит потребителей – цветоводов, для которых важны не только невысокая стоимость (в сравнении с аналогичными керамическими горшками, стоимость которых варьируется от одной до нескольких тысяч российских рублей) и достойное качество изделий, но и их экологический состав, и внешний вид. А в случае запуска массового производства – будет обладать спросом у представителей парниковых хозяйств.



Рис. 1. Процесс создания горшка из опилок



Рис. 2. Декорирование горшочка



Рис. 3. Готовый горшочек из опилок

Финальный вид изделия представлен на рис. 3.

Кроме того, таким способом можно изготавливать различные кухонные подставки, предметы интерьера, рамки для картин и многое другое.

Таким образом, создание данного изделия из отходов деревообработки является ярким примером рационального природопользования.

Список источников

1. Любченко, В. Н. Резание древесины и древесных материалов : учебное пособие для вузов / В. Н. Любченко. – М.: Изд-во Моск. гос. ун-та леса, 2004.
2. Воробьева, Л. Н. Теория и практика химического анализа / Л. Н. Воробьева. – М. : ГЕОС, 2006.
3. Кашкаров, А. П. Вревоочные крепления и узлы / А. П. Кашкаров. – М. : Изд-во ДМК Пресс, 2014.

References

1. Lyubchenko, V. N. Cutting wood and wood materials : A textbook for universities. – М. : Publishing House of the Moscow State University of the Forest, 2004.
2. Vorobyova, L. N. Theory and practice of chemical analysis. – М. : GEOS, 2006.
3. Kashkarov, A. P. Rope fastenings and knots. – М. : DMK Press Publishing House, 2014.

Д. И. Лысенко, студент, М. С. Гончарова, студент,
Е. С. Бакунин, канд. техн. наук, доцент
Тамбовский государственный технический университет (Россия, Тамбов)

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДИФИКАТОРОВ
НА УСЛОВНУЮ ВЯЗКОСТЬ КЛЕЕВОЙ КОМПОЗИЦИИ
НА ОСНОВЕ ФЕНОЛФОРМАЛЬДЕГИДНОЙ СМОЛЫ GR326 T34**

Аннотация. В данной работе представлены данные об изучении влияния различных модифицирующих добавок на условную вязкость для клеевой композиции на основе фенолформальдегидной смолы GR326 T34.

Ключевые слова: фенолформальдегидная смола, модифицирующие добавки, ФФС.

D. I. Lysenok, Student, M. S. Goncharova, Student,
E. S. Bakunin, Ph. D., Associate Professor
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

**STUDYING THE EFFECTS OF MODIFIERS
ON THE CONDITIONAL VISCOSITY OF THE ADHESIVE COMPOSITION
BASED ON PHENOL-FORMALDEHYDE RESIN GR326 T34**

Abstract. This paper presents data on the study of the effect of various modifying additives on the conditional viscosity for an adhesive composition based on phenol-formaldehyde resin GR326 T34.

Keywords: phenol-formaldehyde resin, modifying additives, FSF.

Сегодня экологические проблемы становятся все более актуальными, так как люди все больше загрязняют природу своей деятельностью. Одной из проблем является использование фенолформальдегидной клеевой основы при производстве фанеры, древесностружечных и древесно-волоконистых плит. Продукты деструкции смолы и остаточный формальдегид могут вызывать различные заболевания у людей и животных. Поэтому важной задачей является соблюдение технологии синтеза клеевой фенолформальдегидной основы, а также правильный выбор наполнителей и добавок при изготовлении клеевой композиции.

Технологический режим синтеза фенолформальдегидной смолы GR326 T34 является чувствительным к изменению параметров синтеза, основным требованием является строгое соблюдение температурного режима и времени процесса. В случае отклонения рабочего режима по температурному показателю в сторону повышения происходит отверждение смолы в реакторе, что нежелательно. Изменение других показателей приводит к ухудшению свойств смолы и готового продукта.

В основу рецептуры клеевой композиции входит, помимо ФФС, комплекс дополнительных добавок, среди которых: мел, растительная мука, модификатор и вода. Данные добавки вводятся либо непосредственно при синтезе фенолформальдегидной смолы, либо в готовую композицию. Образцы готового клеевого связующего содержат различные модификаторы в заданном диапазоне концентраций.

Основой клеевой композиции является фенолформальдегидная смола GR326 T34. Смола придает клею влагостойкость и связывает все компоненты в единую однородную массу.

Растительная мука, являясь органическим компонентом, преимущественно состоящим из углеводов, адсорбирует воду из смеси, тем самым повышая итоговую вязкость смеси.

Мелкодисперсный мел, напротив, является гидрофобным и нерастворимым веществом, косвенно влияет на вязкость смеси, препятствуя впитыванию влаги в поры древесины.

Вода добавляется для корректирования вязкости и(или) концентрации компонентов в итоговой клеевой композиции. Модификатор добавляется для регулирования какого-то конкретного свойства клея или комплекса свойств.

1. Клеевая композиция с использованием модификатора № 1

Состав	Масса, г			
Смола	200,0			
Мел	20,0			
Мука	11,1			
Вода	21,3			
Модификатор № 1	2%	3%	4%	5%

Модификатор № 1 вводится в композицию непосредственно на стадии добавления воды в количестве 2, 3, 4 и 5% от технической массы смолы. После статистической обработки условная вязкость составила в среднем 70 с. При приготовлении клеевой композиции и дальнейшей ее выдержке в течение 20 мин клеевая масса набрала условную вязкость в 89 с. Данный показатель вязкости оптимален для склеивания образцов. Для статистической значимости для каждого из модификаторов было изготовлено по три образца для последующей проверки результатов.

Модификатор № 1 представляет собой одноатомный ароматический спирт, который может быть использован для получения твердых смол по реакциям конденсации с фенолом и ацетоном.

2. Клеевая композиция с использованием модификатора № 2

Состав	Масса, г			
Смола	200			
Мел	20			
Мука	11,1			
Вода	21,3			
Модификатор № 2	5%	7%	10%	15%

Модификатор № 2 представляет собой лигнинсодержащий продукт и вводится в композицию непосредственно на стадии синтеза вместе с добавлением воды в количестве 5, 7, 10 и 15% от технической массы смолы. После статистической обработки показатель условной вязкости в среднем составил 67 с, а при выдержке клеевой смеси в течение 20 мин – 105 с.

3. Клеевая композиция с использованием модификатора № 3

Состав	Масса, г		
Смола	200		
Мел	20		
Мука	11,1		
Вода	21,3		
Модификатор № 3	1%	2,5%	5%

Модификатор № 3 представляет собой модифицированный природный полимер, содержащийся в древесине, и вводится в композицию непосредственно на стадии синтеза вместе с добавлением воды в количестве 1; 2,5 и 5% от технической массы смолы.

После статистической обработки показатель условной вязкости в среднем составил 68 с, а при выдержке клеевой смеси в течение 20 мин – 162 с.

4. Клеевая композиция с использованием модификатора № 4

Состав	Масса, г		
Смола	200		
Мел	20		
Мука	11,1		
Вода	21,3		
Модификатор № 4	2%	3%	5%

Модификатор № 4 представляет собой глицериновый эфир фталевой кислоты и вводится в композицию непосредственно на стадии синтеза вместе с добавлением воды в количестве 2, 3 и 5% от технической массы смолы. После статистической обработки показатель условной вязкости в среднем составил 72 с, а при выдержке клеевой смеси в течение 20 мин – 92 с.

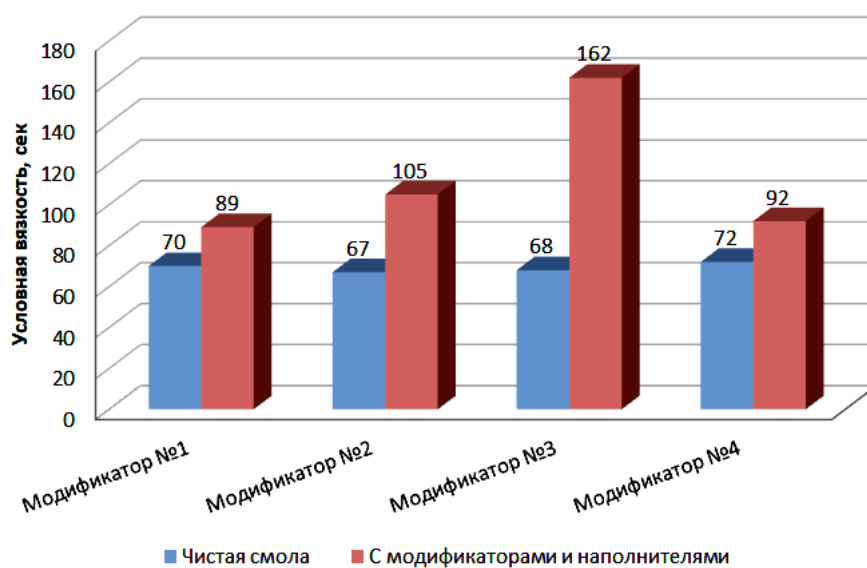


Рис. 1. Зависимость влияния модификаторов на вязкость клеевой композиции

Область рекомендуемой вязкости клея, диапазон которой выявлен экспериментальным путем, является от 90 до 120 с.

Из рисунка 1 видно, что модификатор № 3, представляющий собой модифицированный природный полимер, содержащийся в древесине, сильно повышает вязкость клеевой композиции, из-за чего распределение клея по поверхности шпона становится практически и технологически нереализуемым процессом.

Стоит отметить, что высокая вязкость клеевой композиции является причиной образования пены при взбивании миксером, не давая пузырькам воздуха покинуть клеевую композицию. Превышение условной вязкости клеевой композиции больше 120 с приводит к колоссальному снижению способности клеевой композиции к проникновению в микропоры шпона и последующему преждевременному ее отверждению без образования устойчивого адгезионного контакта пластин шпона друг с другом.

М. Д. Милованова, студент, **Д. Д. Слеткова**, студент,
И. В. Хорохорина, д-р техн. наук, доцент
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

БИОПЛАСТИК: ПУТЬ К ЗАМЕНЕ НЕФТЯНЫХ ПОЛИМЕРОВ И СОКРАЩЕНИЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Аннотация. Статья посвящена проблеме загрязнения окружающей среды полимерами. В связи с этим, ученые и инженеры ведут работы над созданием биопластиков – материалов, которые производятся из растительных и животных источников.

Ключевые слова: биопластик, загрязнение окружающей среды.

M. D. Milovanova, Student, **D. D. Sletkova**, Student,
I. V. Khorokhorina, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

BIOPLASTICS: THE PATH TO REPLACING PETROLEUM POLYMERS AND REDUCING ENVIRONMENTAL POLLUTION

Abstract. The article is devoted to the problem of environmental pollution by polymers. In this regard, scientists and engineers are working on the creation of bioplastics, materials that are produced from plant and animal sources.

Keywords: bioplastics, environmental pollution.

Одним из самых уязвимых ресурсов при загрязнении пластиком являются водные системы. Большое количество пластиковых отходов, таких как бутылки, пакеты и другие изделия, попадают в реки, озера и океаны, причиняя серьезный вред живой природе. Это может привести к гибели многих видов животных, а также к нарушению экосистем. Важно отметить, что пластик может разлагаться на микрочастицы, которые попадают в воду и пищевые цепочки, вызывая еще большее негативное воздействие на окружающую среду. Пластик также влияет на другие экосистемы, такие как реки и океаны. Кроме того, пластик может оказывать негативное влияние на леса, где он накапливается и затрудняет процессы разложения органических веществ. Из-за своей неразлагаемости пластик может накапливаться в почве, загрязняя ее на долгие годы. Отходы пластика могут также негативно повлиять на животный мир, защитный слой океана, воздействуя на глобальный экосистемный баланс и приводя к изменению климата [1].

Наряду с этим, производство пластика часто связано с высокими выбросами парниковых газов, таких как углекислый газ, метан и оксид азота, которые способствуют глобальному потеплению. Именно поэтому использование биопластика, который производится из возобновляемых источников и не содержит нефтепродуктов, может быть полезным для борьбы с изменением климата.

Биопластик является более экологически безопасной альтернативой нефтяным пластикам, так как он производится из биомассы, которая является возобновляемым ресурсом. При производстве биопластика происходит снижение выбросов парниковых газов, так как биомасса поглощает углекислый газ в процессе своего роста. Кроме того, биопластик может быть более биоразлагаемым, что означает, что он может разлагаться естественным образом при определенных условиях, таких как наличие определенных микроорганизмов, в отличие от нефтяных пластиков, которые могут оставаться в окружающей среде на протяжении сотен лет. Это означает, что использование биопластика может привести к сокращению загрязнения окружающей среды, а также уменьшению выбросов парниковых газов, что является важным фактором для сокращения воздействия на изменение климата.

Использование биопластика может помочь уменьшить объем отходов, которые накапливаются в природной среде, и таким образом сократить их воздействие на живые организмы и экосистемы. Также использование биопластика может снизить зависимость от нефтяных ресурсов и способствовать развитию биоразлагаемой технологии в целом.

В исследовании: «Изучение жизненного цикла и экологической устойчивости биопластика: сравнение с нефтяным пластиком и возможности для сокращения выбросов парниковых газов», по мнению Рамани Нараян, химика из Мичиганского университета, было выявлено, что производство биопластика может привести к сокращению выбросов парниковых газов, таких как метан и диоксид углерода, и снижению негативного воздействия на окружающую среду. Биопластик также может стать более устойчивой и долговременной альтернативой нефтяному пластику, что позволит снизить затраты на его производство и утилизацию [2]. Также ученый говорил: «Основное преимущество биопластиков заключается в том, что они могут быть произведены из растительных и животных ресурсов, что может привести к уменьшению зависимости от нефтяных ресурсов. Однако производство биопластиков может также включать в себя использование пестицидов и удобрений, что может иметь негативный эффект на окружающую среду. Поэтому необходимо убедиться в том, что биопластик производится с использованием устойчивых методов и материалов.» [3].

Получается, чтобы получить положительный результат, производство биопластика должно осуществляться с учетом использования устойчивых методов и материалов, чтобы избежать негативного воздействия на окружающую среду. Именно поэтому важно поддерживать и развивать производство биопластика, используя только экологически чистые методы и материалы.

Неоспоримо, что пластик оказывает негативное воздействие на окружающую среду. Каждый год в мире производится миллионы тонн пластиковых материалов, большая часть из которых попадает на свалки, водоемы и другие места, где они оставляют долгосрочное влияние на экосистемы. Россия в этом отношении не является исключением. В нашей стране большое количество пластиковых отходов скапливается на свалках и в природе, вызывая серьезные проблемы для окружающей среды и здоровья человека.

Одной из основных проблем является недостаточная инфраструктура для сбора и переработки пластиковых отходов. Также нередко встречаются случаи неправильной утилизации пластиковых отходов, например сжигания, что приводит к загрязнению воздуха и повышению выбросов парниковых газов. Пластиковые отходы часто оказываются в водных и прибрежных зонах, где они наносят вред морской и речной жизни, а также приводят к ухудшению качества питьевой воды.

В связи с этим все больше компаний и организаций в России начинают обращать внимание на необходимость поиска альтернативных материалов, в том числе биопластика. Такие материалы могут помочь сократить количество пластиковых отходов и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

Использование биопластика может помочь снизить объемы использования нефтяных ресурсов в производстве пластика и снизить выбросы парниковых газов при его производстве и утилизации. Биопластик может также использоваться в различных отраслях, включая упаковку, сельское хозяйство, медицину, автомобильную промышленность и другие, что может способствовать развитию новых технологий и инноваций в России.

Кроме того, Россия является одним из крупнейших производителей растительного сырья в мире, что может стать основой для развития производства биопластика на территории страны. Применение биопластика в России может помочь уменьшить объемы импорта пластиковых изделий и сырья и снизить зависимость от зарубежных производителей. В России есть ученые и научные группы, занимающиеся исследованиями в области биопластиков. Например, в Москве работает Институт биоорганической химии им. М. М. Шемякина РАН, в котором проводятся исследования по созданию биополимерных материалов из растительных и животных источников [4].

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что экологическая проблема загрязнения пластиком является серьезной и требует немедленных действий со стороны общества, правительства и бизнеса. Одним из способов решения этой проблемы является поиск альтернативных материалов, которые будут более устойчивы к разложению и будут производиться с минимальным вредом для окружающей среды. Биопластик может стать основой для развития новых технологий и инноваций, которые позволят сохранить природные ресурсы и обеспечить более благоприятную среду для жизни людей и животных.

В целом важно понимать, что каждый человек может внести свой вклад в борьбу с экологическими проблемами, начиная с мелочей, таких как уменьшение использования пластиковых изделий и правильная утилизация отходов. Более широкие меры, такие как разработка и использование биопластиков, могут стать ключевым фактором в решении этой проблемы в более долгосрочной перспективе.

Список источников

1. Ученые о биопластмассах [Электронный ресурс] // Vc.ru: информ.-справочный портал. – Р., 2004–2023. – URL : <https://vc.ru/future/45279-Dyingplastic> (дата обращения: 14.05.2023).
2. Narayan, R. Do's and Don'ts When Assessing the Biodegradation of Plastics / R. Narayan // Journal ACS Publications Most Trusted. Most Cited. Most Read. – 2019. – V. 53(17). – P. 9967 – 9969.
3. Narayan, R. Biopolymers and bioplastics: Are they really eco-friendly? / R. Narayan // Journal Environmental Science & Technology. – 2018. – V. 52(11). – P. 5989 – 5999.
4. Институт биоорганической химии [Электронный ресурс] // Государственный научный центр федеральное государственное бюджетное учреждение науки. – URL : <https://www.ibch.ru/> (дата обращения: 14.05.2023).

В. Б. Сажин, д-р техн. наук, профессор, академик РЭА
Российский инвестиционно-инновационный фонд
«Научная Перспектива» (Москва, Россия)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОЕМКИХ ПРОЦЕССОВ КАК ВЕКТОР СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

Аннотация. Разработан метод сравнительной оценки активности гидродинамических режимов с использованием эксергетического анализа по величине эксергетических коэффициентов полезного действия, позволяющий объективно оценить конкурирующие разработки новых сушилок для одних и тех же материалов. Показано, что оценка работы теплообменников по тепловому КПД некорректна, так как не учитывает потери качества передаваемого тепла и потери, обусловленные гидравлическим сопротивлением аппарата. Нами предложен критерий, основанный на первом и втором законах термодинамики, – эксергетический КПД. Получено уравнение, включающее оба этих критерия. Оно предназначено для сравнения и оптимизации работы теплообменников.

Ключевые слова: гидродинамика, эксергия, КПД, теплообмен, сушка.

V. B. Sazhin, Doctor of Technical Sciences, Distinguished Professor
Russian Investment and Innovation Fund “Scientific Perspective” (Moscow, Russia)

INCREASING THE EFFICIENCY OF ENERGY-INTENSIVE PROCESSES AS A VECTOR OF REDUCING ANTHROPOGENIC LOAD

Abstract. A method has been developed for comparative assessment of the activity of hydrodynamic regimes using exergy analysis in terms of exergy efficiency coefficients, which makes it possible to objectively evaluate competing developments of new dryers for the same materials. It is shown that the evaluation of the heat exchangers by thermal efficiency is not correct, because it does not take into account the quality loss of the transferred heat and the losses due to the hydraulic resistance of the apparatus. We have proposed a criterion based on the first and second laws of thermodynamics – exergy efficiency. An equation is obtained that includes both of these criteria. It is designed to compare and optimize the performance of heat exchangers.

Keywords: hydrodynamics, exergy, efficiency, heat exchange, drying.

Из всех технологических процессов (не рассматривая металлургию) самым энергоемким является сушка. Во всех отраслях промышленности, включая топливно-энергетический и аграрно-промышленный комплексы, сушке в дисперсном и диспергируемом состоянии подвергается более 85% материалов, подлежащих сушке. Для проблемы ресурсосбережения наиболее эффективным инструментом является эксергетический анализ, позволяющий, кроме всего прочего, вскрыть слабые стороны аппаратурно-технологического оформления процесса и имеющиеся резервы экономии энергетических затрат, включая гидравлические потери. Сегодня в понятие эффективности необходимо включить четыре основных показателя: интенсивность, экономичность, качество получаемого продукта и безопасность (в том числе экологическую и производственную).

Мощным средством интенсификации процессов сушки является применение режимов взвешенного слоя, обеспечивающих развитую поверхность межфазного контакта и активизирующих гидродинамический режим, что приводит к интенсификации тепло- и массообмена в процессе сушки. Однако при этом возрастают затраты на дутьевые средства и нагрев теплоносителя. Если эти затраты превышают эффект от активизации процесса, то такой режим не является эффективным.

Нами с сотрудниками [1 – 5] разработан метод сравнительной оценки активности гидродинамических режимов с использованием эксергетического анализа по величине эксергетических коэффициентов полезного действия, позволяющий объективно оценить конкурирующие разработки новых сушилок для одних и тех же материалов.

Выражение для расчета эксергетического коэффициента полезного действия можно получить, например, из балансовых соотношений (1), (2) по теплу и массе. Используя закон аддитивности (соотношение (3)), можно из (1), (3) получить уравнение (4), а вводя безразмерные комплексы (5), связанные с кинетическими коэффициентами α и β , из соотношения (4) получим (6) и далее выражение (7) для эксергетического КПД.

$$G_M \Delta h_M + W z_n = \alpha F \Delta t_{cp}; \quad (1)$$

$$G_M \Delta U_M = \beta F \Delta x_{cp}; \quad (2)$$

$$\Delta h_c = c \Delta t_c + h_M \Delta x_c; \quad (3)$$

$$\Delta h_c = G_M \Delta h_M \frac{c}{\delta \alpha F} + \frac{c \beta}{\delta \alpha} \Delta x_{cp} h_n + \Delta x_{cp} h_n; \quad (4)$$

$$L_e = \frac{c \beta}{\alpha}, \quad g = \frac{G_c}{G_M}, \quad n = \frac{\beta F}{G_c}; \quad (5)$$

$$\Delta h_c = \frac{L_e}{gn} \Delta h_M + \left(1 + \frac{L_e}{\delta} \right) \Delta x_{cp} h_n, \quad (6)$$

где Δx_{cp} – средняя движущая сила процесса; $\delta = \frac{\Delta t_{cp}}{\Delta t_c}$;

$$\eta_e = \frac{\Delta e_n}{\Delta e_c} = \frac{\frac{1 - L_e \Delta e_M}{gn \Delta e_c}}{\frac{1 + L_e}{\delta} \Delta x_{cp}}. \quad (7)$$

Необходимо сопоставлять полезный эффект, получаемый в результате использования активных гидродинамических режимов, с затратами на их реализацию. В качестве показателя, характеризующего термодинамическую эффективность используемых методов активизации гидродинамической обстановки в аппарате, целесообразно использовать отношение эксергетических коэффициентов полезного действия до и после применения указанных методов. При выборе альтернативных технических решений различных авторов выгоднее то, для которого указанный показатель достигает наибольшего значения. Эксергетический КПД также может служить комплексным показателем для оценки гидродинамического режима

и степени загрязнения окружающей среды тепловыми выбросами, которые характеризуют экологическую чистоту промышленной установки. Например, в сушильной установке с активным гидродинамическим режимом наибольшим изменениям подвергается термическая составляющая эксергии взаимодействующих потоков, поэтому можно воспользоваться эксергетической температурной функцией для перехода от тепловых характеристик этих потоков к эксергетическим. Для более полной характеристики сушильной установки необходимо ввести в эксергетический КПД η_e составляющую, учитывающую гидравлическое сопротивление аппарата и энергозатраты, обусловленные выделением высушенного продукта из газовой фазы или на пылеочистку, независимо от того, проводится это процесс непосредственно в сушильном аппарате или вне его (8) – (10).

$$\eta_o = \frac{k_1 \eta_e + k_2 \eta_{сеп}}{2}; \quad (8)$$

$$\eta_{сеп} = \frac{\eta_r + \eta_{ул}}{2}; \quad (9)$$

$$\eta_r = \frac{\ln(P^{Bx} - \Delta P) - \ln P_o}{\ln P^{Bx} - \ln P_o}, \quad (10)$$

где k_1, k_2 – относительный уровень ущерба от тепловых и пылевидных загрязнений; $P^{Bx}, P_o, \Delta P$ – давление соответственно на входе в аппарат, окружающей среды и гидравлическое сопротивление аппарата.

Результаты эксергетического анализа показывают, что активные гидродинамические режимы являются ресурсосберегающими не только в отношении металла и производственных площадей (за счет малых размеров аппаратов), но и в отношении удельного расхода энергии.

Теплообменники являются неотъемлемой частью практически любой производственной установки в химической технологии. Эффективность их работы во многом определяется качественными и количественными показателями целевого продукта. Для оценки эффективности работы теплообменников на практике используется тепловой КПД η_T , определяемый как отношение количества фактически переданного в аппарате тепла от одного теплоносителя к другому, к максимально возможному теоретически при заданных их термических потенциалах. В соответствии с этим подходом расчетная формула для этого показателя может быть представлена в виде [1]

$$\eta_T = \frac{w_H \Delta t_H}{w_{\min} \Delta t_{\max}} = \frac{w_r \Delta t_r}{w_{\min} \Delta t_{\max}}, \quad (11)$$

где w_H, w_r (Дж/(кг·с)) – тепловые эквиваленты нагреваемой и греющей сред, $w_{\min} = \min(w_H, w_r)$; $\Delta t_H, \Delta t_r$ – разность температур теплоносителей на входе и выходе из аппарата.

Количественная оценка η_T , как следует из определения этого показателя, в общем случае является функцией не только температур и тепловых эквивалентов теплоносителей, но зависит и от гидродинамической обстановки в аппарате и его конструктивных характери-

стик. Указанные факторы находят отражение в коэффициенте теплопередачи K (Дж/(м²·с)), площади поверхности контакта F (м²) и схемы движения теплоносителей. Расчетное соотношение, определяющее зависимость η_T от перечисленных факторов, может быть получено на основе решения системы соответствующих уравнений для анализируемого аппарата. Для теплообменников с фиксированной поверхностью контакта сред эта схема в дифференциальном виде:

$$dQ = K(t_T - t_H) dF; \quad (12)$$

$$dQ_T = -w_T dt_T; \quad (13)$$

$$dQ_H = -w_H dt_H, \quad (14)$$

где dQ – количество тепла (Дж/с), переданное от греющей к нагреваемой среде на элементе поверхности.

Использование балансовых уравнений в дифференциальной форме позволяет считать неизменными температуры теплоносителей на элементарном участке поверхности dF . Из системы уравнений (12) – (14) получаем взаимосвязь между термическими характеристиками теплоносителей и технологическими и конструктивными параметрами процесса. Оно может быть представлено как результат деления переменных соответствующих дифференциальных уравнений:

$$\frac{d(t_T - t_H)}{(t_T - t_H)} = -\left(\frac{1}{w_T} + \frac{1}{w_H}\right) K dF. \quad (15)$$

Интегрирование полученного соотношения по всей поверхности аппарата возможно при известной функциональной зависимости температур теплоносителей от поверхности контакта. Последнее непосредственным образом определяется схемой движения теплоносителей в аппарате. Для канонических схем движения (прямоток и противоток) результат интегрирования уравнения (15) получен в виде аналитических зависимостей $\Delta t_T = (t'_T - t''_T)$ и $\Delta t_H = (t''_H - t'_H)$ от безразмерного комплекса $\left(\frac{KF}{w_T}\right)$ и тепловых эквивалентов теплоносителей.

Наличие этих функциональных соотношений представляет возможность получить расчетное уравнение для оценки η_T . Такие зависимости получены в работе и обобщены в виде универсальной формулы следующего вида:

$$\eta_T = \frac{1 - e^{-\varphi}}{1 + (-1)^p \left(\frac{w_T}{w_H}\right)^{\varepsilon} e^{-\varepsilon\varphi}} \left(\frac{w_T}{w_H}\right)^n, \quad (16)$$

где $\varphi = \left(1 + \frac{w_T}{w_H}\right) \frac{KF}{w_T}$, ε , φ , n – параметры процесса, зависящие от гидродинамической обстановки в аппарате; $p = 0$ (прямоток), $p = 1$ (все схемы движения, отличные от прямотока); $n = 0$, если $w_{\min} = w_T$, $n = 1$, если $w_{\min} = w_H$; ε – параметр, характеризующий отличие реальной схемы движения теплоносителей от канонической, $\varepsilon = 0$ для прямотока, $\varepsilon = 1$ для

противотока, $0 < \varepsilon < 1$ для неканонических схем движения. Оценка показателей в этом случае производится по рекомендациям в специальной литературе.

Представленная обобщенная зависимость является универсальной и позволяет проводить оценку эффективности работы теплообменника и его оптимизацию при заданных конструктивных размерах, расходных характеристиках и энергетических потенциалах теплоносителей на входе в аппарат. По алгоритму, аналогичному с поверочным расчетом теплообменников, можно определить оптимальную тепловую нагрузку аппарата и характеристики теплоносителей на выходе для заданного технологического режима. Однако у критерия η_T ограниченная область применения (рекуперативные аппараты, в которых теплоносители не изменяют агрегатного состояния). Он не учитывает потери, обусловленные необратимостью процессов теплообмена и гидравлическим сопротивлением аппарата. Указанных недостатков лишен эксергетический КПД η_e [3 – 5]. Для определения оптимальной области применения критериев эффективности теплообмена η_T и η_e установим взаимосвязь между ними. Полученная в процессе исследования функциональная связь между термическими характеристиками теплоносителей Δt_T , Δt_H и η_T , а также известные расчетные соотношения для η [1] позволяют представить корреляционную связь между критериями η_T и η_e в виде

$$\eta_e = \frac{1 - \frac{w_H}{w_{\min}} \frac{T_0}{\eta_T (T'_T - T'_H)} \ln \left[1 + \eta_T \frac{w_{\min}}{w_H} \left(\frac{T'_T}{T'_H} - 1 \right) \right]}{1 + \frac{w_T}{w_{\min}} \frac{T_0}{\eta_T (T'_T - T'_H)} n \left[1 - \eta_T \frac{w_{\min}}{w_H} \left(\frac{T'_T}{T'_H} - 1 \right) \right]}, \quad (17)$$

где T_0 – температура окружающей среды (К). Уравнение (17) позволяет сопоставить величину критериев η_T и η_e в одних и тех же условиях работы теплообменника. Установлено, что критерии отличаются не более чем на 5...7%, причем значение η_e меньше чем η_T , что обусловлено ростом относительной доли потерь тепловой энергии, вызванных необратимостью протекающих в теплообменнике процессов. Тепловой КПД этих потерь не учитывается. Эксергетический КПД является комплексным показателем для оценки степени загрязнения окружающей среды тепловыми выбросами, что характеризует экологическую чистоту сушильной установки [4 – 7].

Список источников

1. Сажин, В. Б. Научные основы стратегии выбора эффективного сушильного оборудования / В. Б. Сажин, Б. С. Сажин. – М. : Химия, 2013. – 544 с. ; Научные основы термовлажностной обработки дисперсных и рулонных материалов – Там же: 2012. – 776 с.
2. Сажин, Б. С. Научные основы техники сушки / В. Б. Сажин, Б. С. Сажин. – М. : Наука, 1997. – 448 с.
3. Сажин, Б. С. Эксергетический анализ работы промышленных установок / Б. С. Сажин, А. П. Булеков, В. Б. Сажин. – М. : МТИ, 2000. – 297 с.
4. Sazhin, V. B. Scientific Principles of Drying Technology / V. B. Sazhin, V. B. Sazhin. – New York-Connecticut-Wallingford (U.K.) : Begell House Inc., 2007. – 506 p.
5. Sazhin, V. B. Analysis of energy efficiency of dryers with a fluidized bed of dispersed particles / V. B. Sazhin // Österreichisches Multiscience Journal. – Innsbruck, Austria, 2021. – No. 45. – P. 39 – 49.

6. Sazhin, V. The effect of changing the structure of flows in the apparatus on improving the efficiency of processes / V. Sazhin // NJD #99/2022. – Oslo, Norway, 2022. – P. 47 – 57.
7. Sazhin, V. Exergetic analysis of dryer efficiency and of heat-using elements of the component equipment / V. Sazhin // Recent Scientific Investigation – XXXVII : Shawnee, USA, 2022. – P. 28 – 39.

References

1. Sazhin, V. B. Sazhin B. S., Scientific foundations of the strategy for choosing efficient drying equipment. – M. : Chemistry, 2013, 544 p.; Scientific foundations of thermal and moisture treatment of dispersed and rolled materials – Ibid : 2012. – 776 p.
2. Sazhin B. S., Sazhin V. B. Scientific basis of drying technique. – M. : Nauka, 1997. – 448 p.
3. Sazhin B. S., Bulekov A. P., Sazhin V. B. Exergy analysis of industrial installations. – M. : MTI, 2000. – 297 p.
4. B. S. Sazhin and V. B. Sazhin Scientific Principles of Drying Technology / New York-Connecticut-Wallingford (U.K.) : Begell House Inc. – 2007. – 506 p.
5. Sazhin V. B. Analysis of energy efficiency of dryers with a fluidized bed of dispersed particles // Österreichisches Multiscience Journal # 45, 2021. – Innsbruck, Austria. – P. 39 – 49.
6. Sazhin V. The effect of changing the structure of flows in the apparatus on improving the efficiency of processes // NJD #99/2022, Oslo, Norway 2022. (ISSN 3453-987). – P. 47 – 57.
7. Sazhin V. Exergetic analysis of dryer efficiency and of heat-using elements of the component equipment // Recent Scientific Investigation – XXXVII: Shawnee, USA. 2022. – P. 28 – 39.

В. Б. Сажин, д-р техн. наук, профессор, академик РЭА
Российский инвестиционно-инновационный фонд «Научная Перспектива»
(Москва, Россия)

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ СОВМЕЩЕНИИ ПРОЦЕССОВ В МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ АППАРАТАХ СО ВСТРЕЧНЫМИ ЗАКРУЧЕННЫМИ ПОТОКАМИ

Аннотация. Рассмотрены характеристики вихревых гидродинамических режимов и соответствующих им аппаратов – вихревые камеры, вихревые трубы и аппараты со встречными закрученными потоками (ВЗП). Рассмотрены уникальные свойства аппаратов ВЗП и предложены многофункциональные аппараты, позволяющие одновременно проводить различные процессы в одном аппарате при существенной экономии ресурсов и снижении экоущерба.

Ключевые слова: гидродинамика, вихревой, дисперсный, сушка, пылеочистка.

V. B. Sazhin, Doctor of Technical Sciences, Distinguished Professor
Russian Investment and Innovation Fund «Scientific Perspective» (Moscow, Russia)

RESOURCE SAVING WHEN COMBINING PROCESSES IN MULTIFUNCTIONAL DEVICES WITH COUNTER SWIRLING FLOWS

Abstract. The characteristics of vortex hydrodynamic regimes and the apparatuses corresponding to them – vortex chambers, vortex tubes and apparatuses with counter swirling flows (CDW) are considered. The unique properties of VZP apparatuses are considered and multifunctional apparatuses are proposed, which make it possible to simultaneously carry out various processes in one apparatus with a significant saving of resources and a decrease in environmental damage.

Keywords: hydrodynamics, vortex, dispersed, drying, dust cleaning.

Вихревые режимы взвешенного слоя дисперсных частиц часто применяются в промышленности. Их отличает интенсивность, возможность управления гидродинамикой потоков в достаточно широких пределах, развитая поверхность для эффективной реализации процессов тепломассообмена (ТМО). В частности к вихревым аппаратам можно отнести вихревые камеры (ВК) (дисковые однокамерные, двухкамерные), вихревые трубы (ВТ) (с термодинамическим разделением потоков), циклоны, аппараты со встречными закрученными потоками (ВЗП) [1 – 9].

Аппараты ВЗП применяются не только в России. Их отличает высокая разделяющая способность, что определило их использование в качестве эффективных пылеуловителей (рис. 1).

Впервые в рамках научной школы академика Б. С. Сажина было доказано эффективное использование аппаратов ВЗП в качестве сушилок (рис. 2), и далее, в развитие этой темы, была доказана возможность их использования для совмещения различных процессов, одновременно протекающих в одном аппарате. Так, в промышленность были широко внедрены многофункциональные аппараты ВЗП – безуносные сушилки (сушилки с одновременным

улавливанием пыли высушиваемого продукта), батарейные пылеуловители, комбинированные аппараты (например, ВЗП-ВК – с вихревой камерой, ВТ-ВЗП – с вихревой трубой для режимов кондиционирования с пылеулавливанием и другие), различные модификации (например, ВЗПРК – аппарат с расширяющимся конусом, который мог быть использован и как сушилка, и как микрогранулятор (рис. 3), и многие другие). Заметим отдельно, что российские пылеуловители ВЗП (например, конструкции МГТУ (впоследствии – РГУ) имени Косыгина, разработанные в рамках школы академика Б. С. Сажина (отмеченные премиями Правительства в области науки и техники, орденами и медалями, десятками монографий и учебников, сотнями авторских свидетельств и патентов десятков стран мира) существенно дешевле в изготовлении (при меньшем энергопотреблении в эксплуатации) и в 3 раза эффективнее (по производительности при сопоставимых размерах), чем зарубежные вихревые пылеуловители ведущих производителей [1, 2, 6, 8].

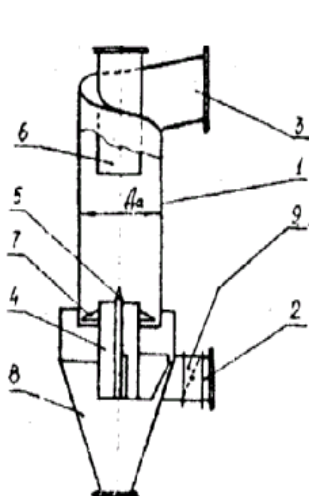


Рис. 1. Принципиальная схема рациональной конструкции пылеуловителя ВЗП:
1 – сепарационная часть аппарата, 2 – ввод первичного потока, 3 – ввод вторичного потока, 4 – завихритель первичного потока, 5 – вытеснитель, 6 – выхлопной патрубков, 7 – отбойная шайба, 8 – коническая часть аппарата, 9 – регулирующая заслонка

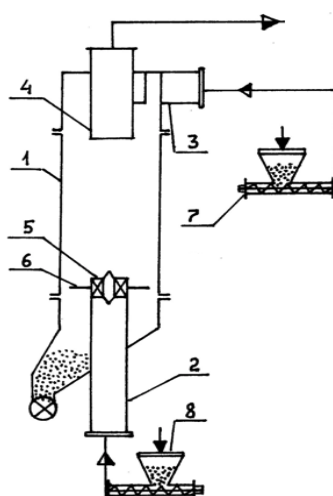


Рис. 2. Схема сушилки со встречными закрученными потоками (СВЗП):
1 – аппарат ВЗП; 2, 3 – патрубки нижнего и верхнего ввода; 4 – выхлопная труба; 5 – лопаточный завихритель; 6 – отбойная шайба; 7 – шнековый питатель первичного ввода; 8 – шнековый питатель вторичного ввода

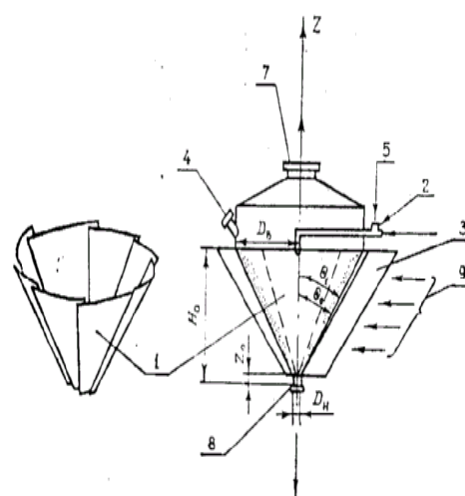


Рис. 3. Схема аппарата-гранулятора с вращающимся слоем материала (ВЗПРК):
1 – завихритель; 2 – распыливающее устройство (форсунка); 3 – камера распределения теплоносителя; 4 – 6 – патрубки ввода соответственно ретур, воздуха, пульпы; 7, 8 – выходы для отработанного теплоносителя и готовых гранул

Коэффициент гидравлического сопротивления аппарата ВЗП может быть вычислен по двум параметрам – кратности расхода K^* (по каналам) и коэффициенту гидравлического сопротивления ξ^* , которые связаны соотношением

$$\xi^* = \xi_1(1 - K^*)^2. \quad (1)$$

Получено соотношение между коэффициентом гидравлического сопротивления каналов первичного и вторичного потоков и кратностью расхода K^* в виде уравнения

$$\frac{\xi_1}{\xi_2} = \frac{K^{*2}}{(1-K^*)^2}. \quad (2)$$

Эффективность пылеуловителя имеет логарифмически нормальное распределение и определяется из выражения

$$\eta_0 = (1-K)\eta_1\eta_2, \quad (3)$$

где η_1, η_2 – фракционные коэффициенты очистки газа, поступающего по первому и второму каналам, которые могут быть определены из выражения

$$\eta_{1,2} = \sum_{i=1}^N \Phi_i(x_{1,2})\eta_{1,2}, \quad (4)$$

где Φ_i определяется интегралом вероятности (5), причем значение $\Phi(x)$ может быть определено полиномом второй степени.

$$\Phi_{1,2} = \frac{1}{2\pi} \int_{-x_{1,2}}^{x_{1,2}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx. \quad (5)$$

Зависимость характеристик эффективности вихревого пылеулавливания и улавливаемой пыли определяется выражением

$$x_{1,2} = \lg \frac{\delta_m}{\delta_{1,2\eta=50}} / \sqrt{\lg^2 \sigma + \lg^2 \sigma_{1,2\eta=50}}, \quad (6)$$

где δ_m – размер улавливаемых частиц; $\sigma_{1,2\eta=50}$ и $\sigma_{1,2\eta}$ – параметры кривой фракционной эффективности.

Параметр $\sigma_{1,2\eta}$ слабо зависит от кратности расхода и может быть принят постоянной величиной. Параметры $\sigma_{1,2\eta=50}$ зависят от кратности расхода и могут быть определены из формул:

$$\delta_{1\eta=50} = \delta_{1\eta=50}^* \sqrt{1-K^*/1-K}, \quad (7)$$

$$\delta_{2\eta=50} = \delta_{1,2\eta=50}^* \sqrt{\frac{K^*}{K}}, \quad (8)$$

где $\delta_{1,2\eta=50}$ – опытные значения при заданной степени кратности K^* (соотношения потоков по каналам).

В рамках научной школы Б. С. Сажина (еще в конце 1970-х годов – авторы изобретения Б. С. и В. Б. Сажины) впервые в мире была доказана возможность промышленного использования эффекта Ранка–Хилша, когда в вихревой трубе происходит разделение общего потока на два разнонаправленных (периферийного «горячего» (с большей температурой, чем у общего на входе в трубу) и центрального «холодного») потока. Ныне вихревые трубы (ВТ) применяются для ряда процессов (кондиционирование воздуха), в пищевой промышленности (мясопереработка, производство овощей и фруктов), растениеводстве, в химической

(например, управляемая сушка термолабильных материалов) и других отраслях. В последние годы нами с сотрудниками доказана возможность многофункционального использования ВТ [1, 4, 6, 10 – 12].

Известно, что на предприятиях тепловые вторичные энергоресурсы (ВЭР) могут достигать 50 и более процентов от всей технологической теплоты, а используемые тепло-технологические вихревые утилизаторы низкопотенциальной отработанной теплоты являются основным резервом экономии ТЭР. Нами с сотрудниками доказана перспективность использования для теплоутилизации ВЭР вихревого многофункционального аппарата (ВМФА) на базе аппарата со встречными закрученными потоками (ВЗП). В аппарате ВМФА обеспечиваются высокие скорости потока газа (5...25 м/с) без снижения эффективности улавливания влаги. Одним из основных преимуществ вихревого аппарата является наличие в рабочем объеме аппарата высокоразвитой поверхности теплообмена, включающей в себя капельную, пленочную и пенную поверхности раздела фаз. Высокие относительные скорости движения фаз и высокоразвитые поверхности раздела фаз обеспечили высокую эффективность аппаратов. Коэффициент тепломассообмена аппарата на порядок выше, чем в известных промышленных аппаратах, используемых для тех же целей. Это позволило получить требуемый эффект утилизации теплоты при минимальных габаритных размерах и металлоемкости. Имевшиеся до настоящего времени смесительные тепломассообменные аппараты имели значительные габаритные размеры, большую металлоемкость и, следовательно, большую себестоимость. Кроме того, некоторые утилизаторы теплоты ПВС для увеличения интенсивности процессов тепло- и массообмена имели вращающиеся разбрызгивающие устройства, что существенно усложняло конструкцию и обслуживание установки, а также снижало ее надежность.

В целях получения математического описания гидродинамики и тепломассообмена в аппаратах типа ВМФА была разработана физическая модель процессов переноса в таком аппарате, которая основывалась на нижеприведенных допущениях. На основании принятой модели были получены уравнения интенсивности процессов теплообмена (9) и массообмена (10):

$$\Delta_T = \Delta t_{T.M} / \Delta t_{O.M} = e^{-k_M m_M V_A}, \quad (9)$$

где $\Delta t_{O.M} = \Delta t_{1M} - \Delta t_{Ж.К}$; $\Delta t_{T.M} = \Delta t_{2M} - \Delta t_{Ж.К}$; $k_V = \sigma d F_T / d V_A$, где k_V – объемный коэффициент теплопередачи; F_T – теплопередающая поверхность; V_A – объем рабочего пространства аппарата

$$\Delta_C = \Delta C_T / \Delta C_0 = e^{\beta_V m_M C_T V_A}, \quad (10)$$

где β_V – объемный коэффициент массопереноса.

С учетом аналогии процессов тепло- и массообмена

$$\frac{\Delta t_{T.M}}{\Delta t_{O.M}} = \frac{\Delta C_T}{\Delta C_0} \quad \text{или} \quad \Delta t_T = \Delta t_C. \quad (11)$$

На основании анализа составляющих уравнения (9) получено выражение (12), более удобное для расчета интенсивности процесса тепломассообмена, поскольку исключает одну из неизвестных величин, а именно $t_{Ж.К}$:

$$Km_V = \frac{t_{T.M} - t_{2M}}{t_{T.M} - t_{1M}} = \left(1 + \frac{k_V \cdot m_M \cdot V_A}{Bm + 1} \right) \cdot e^{-k_V \cdot m_M V_A}, \quad (12)$$

где $Bm = \frac{G_{ЖСРЖ}}{G_{ТСРГ}}$.

Анализ параметров, входящих в уравнение (12), позволил получить критериальную зависимость (13) для расчета процесса тепломассообмена:

$$Km_V = A Re^b Bm_V^c K_1 K_2, \quad (13)$$

где Re – число Рейнольдса; Bm_V – число тепловых эквивалентов; K_1 и K_2 – коэффициенты, соответственно учитывающие кратность расхода – K^* (т.е. соотношения восходящего и нисходящего потоков газа) и отношение расхода жидкостей для нисходящего и восходящего потоков газа.

На основании проведенных исследований были разработаны конструкции опытно-промышленных образцов вихревых многофункциональных аппаратов с регулируемой гидродинамикой для утилизации теплоты и очистки выбросного воздуха от пыли и некоторых газов, предназначенных для различных типовых условий их работы, а также инженерные методы их расчета. Расчеты показывают, что коэффициент тепломассопередачи в многофункциональных аппаратах на порядок выше, чем в обычных скрубберах.

Детальный анализ гидродинамики ВЗП позволил вскрыть новые возможности их применения, используя аппараты как пылеуловители, сушилки, грануляторы, дезинтеграторы, причем, совмещая различные процессы в одном аппарате (например, сушку с одновременным улавливанием тонкодисперсного продукта из выходящего потока теплоносителя), что ранее считалось невозможным [1, 2, 4, 6, 9]. Установлено, что наиболее перспективными формами однокамерных аппаратов с взаимодействующими закрученными потоками являются безуносные сушилки ВЗП (СВЗП), которые обеспечивают продолжительность сушки до 3...5 с. С целью существенного расширения области их рационального применения нами с сотрудниками на основании глубоких исследований гидродинамики таких аппаратов обоснован принципиально новый технологический режим работы с образованием кольцевого слоя. В результате создан аппарат с управляемой (в достаточно широких пределах) гидродинамикой потоков, обеспечивающий продолжительность пребывания дисперсной фазы до 30...35 с. Мы рекомендовали его в качестве «экологически чистой» промышленной сушилки для всех основных групп дисперсных материалов – широкопористых; с переходными порами и тонкопористых с наноразмерными порами от 60 ангстрем (6×10^{-9} м), гарантируя эффективность пылеулавливания (по обрабатываемому материалу) от 99% и выше.

Список источников

1. Сажин, В. Б. Научные основы термовлажностной обработки дисперсных и рулонных материалов / В. Б. Сажин, В. Б. Сажин. – М. : Химия, 2012. – 776 с.
2. Сажин, В. Б. Научные основы техники сушки / В. Б. Сажин, В. Б. Сажин. – М. : Наука, 1997. – 448 с.
3. Сажин, В. Б. Сушка в закрученных потоках: теория, расчет, технические решения / В. Б. Сажин, М. Б. Сажина. – М., 2001. – 324 с.

4. Сажин, В. Б. Научные основы стратегии выбора эффективного сушильного оборудования / В. Б. Сажин, Б. С. Сажин. – М. : Химия, 2013. – 544 с.
5. Сажин, В. Б. Новые эффекты вихревых аппаратов и уточнение области их рационального использования / В. Б. Сажин // Теория и практика процессов хим. технологии (Марушкинские чтения). – Изд-во УГНТУ, 2021. – 423 с. – С. 118 – 120 ; Технологические. особенности нового режима кольцевого слоя в сушилках с встречными закрученными потоками. – Там же : С. 121–122.
6. B. S. Sazhin and V. B. Sazhin Scientific Principles of Drying Technology / New York-Connecticut-Wallingford (U.K.): Begell House Inc., 2007. – 506 p.
7. Sazhin, V. B. Theoretical, technological and operational innovation when drying dispersed materials in a fluid bed [Article] // Annali d'Italia, # 25: in 2 vv. – V. 1. Florence, Italy, 2021, p. 77 (ISSN 3572-2436). – P. 56 – 76.
8. Sazhin, V. B. Analysis of energy efficiency of dryers with a fluidized bed of dispersed particles // Österreichisches Multiscience Journal # 45, 2021. – Innsbruck, Austria. – P. 39 – 49.
9. Sazhin, V. New phenomena and approaches in theory and practice of drying of dispersed materials in a vortex layer// Proceedings of the XIV International Multidisciplin. Conf. “Innovations and Tendencies of State-of-Art Science”. – Mijnbestseller (Nederland), 2021. – 118 p. – P. 66 – 74.
10. Sazhin, Victor. Energy and resource efficiency of devices with counter-swirling flows during drying, dust collection and granulation of dispersed materials // XXIII International Multidisciplinary Conference “Prospects and Key Tendencies of Science in Contemporary World”. Proceed. of the Conf.. Bubok Publishing S.L., Madrid, Spain. – 2022. – 74 p. – P. 20 – 36.
11. Sazhin, V. B. Analysis of phase motion in vortex apparatuses. Theory, experiment, practice // Danish Scientific Journal (DSJ) No64/2022, København V Denmark, 2020. – P. 66 – 72.
12. Sazhin, Victor. Methods for engineering calculation of characteristics of materials as drying objects and efficient process plants parameters // Annali d'Italia, # 36: Florence, 2022. – P. 63 – 77.

References

1. Sazhin, V. B. Scientific bases of thermomoisture treatment of dispersed and rolled materials / B. S. Sazhin, V. B. Sazhin. – М. : Chemistry, 2012, 776 p.
2. Sazhin B. S., Sazhin V. B. Scientific basis of drying technique. – М. : Nauka, 1997. – 448 p.
3. Sazhin, V. B. Drying in swirling flows: theory, calculation, technical solutions / V. B. Sazhin, M. B. Sazhin. – М., 2001. – 324 p.
4. Sazhin, V. B. Nauchnye osnovy strategii vybora effektivnogo dushilnogo oborudovaniya [Scientific foundations of strategy for selecting effective drying equipment] / B. S. Sazhin. – М. : Chemistry, 2013. – 544 p.
5. Sazhin, V. B. New effects of vortex devices and refinement of the area of their rational use // Theory and practice of chemical engineering processes (Marushkin Readings): Publishing House of the UGNTU, 2021. – 423 p. – P. 118 – 120 ; Technological. features of the new regime of the annular layer in dryers with counter swirling flows. – Ibid.: p. 121 – 122.
6. B. S. Sazhin and V. B. Sazhin Scientific Principles of Drying Technology / New York-Connecticut-Wallingford (U.K.): Begell House Inc., 2007. – 506 p.
7. Sazhin, V. B. Theoretical, technological and operational innovation when drying dispersed materials in a fluid bed [Article] // Annali d'Italia, # 25: in 2 vv. – V. 1. Florence, Italy, 2021, p. 77 (ISSN 3572-2436). – P. 56 – 76.
8. Sazhin, V. B. Analysis of energy efficiency of dryers with a fluidized bed of dispersed particles // Österreichisches Multiscience Journal # 45, 2021. – Innsbruck, Austria. – P. 39 – 49.

9. Sazhin, V. New phenomena and approaches in theory and practice of drying of dispersed materials in a vortex layer // Proceedings of the XIV International Multidisciplin. Conf. “Innovations and Tendencies of State-of-Art Science”. – Mijnbestseller (Nederland), 2021. – 118 p. – P. 66 – 74.
10. Sazhin, Victor. Energy and resource efficiency of devices with counter-swirling flows during drying, dust collection and granulation of dispersed materials // XXIII International Multidisciplinary Conference “Prospects and Key Tendencies of Science in Contemporary World”. Proceed. of the Conf.. Bubok Publishing S. L. – Madrid, Spain, 2022. – 74 p. – P. 20 – 36.
11. Sazhin, V. B. Analysis of phase motion in vortex apparatuses. Theory, experiment, practice // Danish Scientific Journal (DSJ) No64/2022, København V Denmark, 2020. – P. 66 – 72.
12. Sazhin, Victor. Methods for engineering calculation of characteristics of materials as drying objects and efficient process plants parameters // Annali d'Italia, # 36: Florence, 2022. – P. 63 – 77.

4. ТЕХНОЛОГИИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, СОВРЕМЕННЫЕ ХИМИЯ, БИОЛОГИЯ И БИОТЕХНОЛОГИИ В УСТОЙЧИВОМ ИННОВАЦИОННОМ РАЗВИТИИ

УДК 544.722

ББК 35.113

М. А. Абызов, магистрант, **С. А. Вязовов**, канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедры «Механика и инженерная графика»
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА ОБРАТНООСМОТИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РАСТВОРОВ, СОДЕРЖАЩИХ ОПТИЧЕСКИЕ ОТБЕЛИВАТЕЛИ

Аннотация. Выполнены эксперименты с целью изучения кинетики процесса обратноосмотической очистки промышленных белофосфоросодержащих растворов. Исследовано влияние на кинетические характеристики процесса рабочего давления и концентрации растворов. Проанализированы результаты экспериментов и предложены уравнения связи кинетических характеристик процесса обратноосмотического концентрирования промышленных водных белофосфоросодержащих растворов.

Ключевые слова: мембрана, коэффициент задержания, обратный осмос, удельная производительность, белофор ОБ-жидкий.

M. A. Abyzov, Undergraduate, **S. A. Vyazovov**, Ph. D., Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Mechanics and Engineering Graphics
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

INVESTIGATION OF THE KINETIC CHARACTERISTICS OF THE PROCESS OF REVERSE OSMOSIS PURIFICATION OF INDUSTRIAL WHITE-PHOSPHORUS-CONTAINING SOLUTIONS

Abstract. Experiments were carried out to study the kinetics of the process of reverse osmosis purification of industrial white-phosphate-containing solutions. The influence of the working pressure and concentration of solutions on the kinetic characteristics of the process has been investigated. The results of experiments are analyzed and equations for the relationship of the kinetic characteristics of the process of reverse osmosis concentration of industrial aqueous white-phosphate-containing solutions are proposed.

Keywords: membrane, retention coefficient, reverse osmosis, specific performance, belofo OB-liquid.

Жизненная необходимость широкомасштабного и интенсивного внедрения мембранных технологий определяется многими факторами и, прежде всего, их прямым влиянием на обеспечение национальной безопасности, решение наиболее острых социально-экономических проблем и перспективу их практического использования для концентрирования и разделения водных растворов солей в различных отраслях промышленности [1].

Применение мембранной технологии эффективнее с экономической, технологической и экологической точек зрения может быть при ее сочетании с другими существующими методами (дистилляция, вымораживание, ионный обмен, сублимационная сушка, биологическая обработка и т.д.) [2].

Экспериментальная часть. Для успешного решения задач функционирования водных систем предприятий химической промышленности, при производстве оптических отбеливателей необходимо свести к минимуму негативное воздействие на окружающую среду промышленных стоков, которые для дальнейшего использования необходимо сконцентрировать, а полученную очищенную воду вернуть обратно в производство.

Объекты исследования: промышленные сточные воды производства белогор на линиях ОАО «Пигмент» (г. Тамбов), а также различные типы промышленных мембран производства «Владипор», Россия г. Владимир.

Удельную производительность и коэффициент задержания мембран исследовали на экспериментальной установке (рис. 1) [3]. Разделительным элементом обратноосмотической установки является рабочая ячейка 4. Расходная емкость 1 служит исходным резервуаром, откуда через систему вентиляй раствор подается в рабочую камеру ячейки плунжерным насосом 3. Дроссель 13, служащий для регулирования давления раствора в рабочей ячейке 4, а также дроссель 5 и ротаметр 6, являются частью системы трубопроводов, после прохождения которой частично разделенный раствор подается снова в емкость 1.

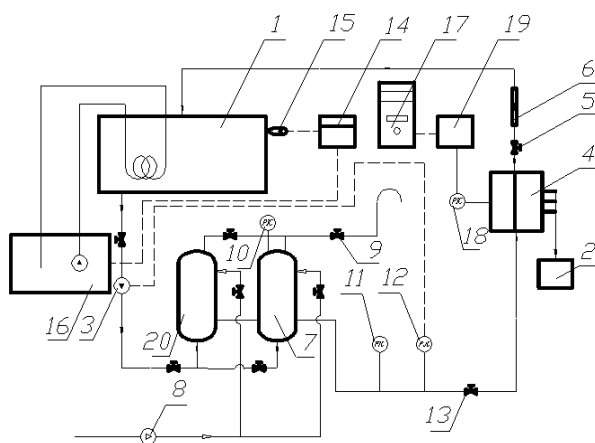


Рис. 1. Экспериментальная обратноосмотическая установка

Контроль давления осуществляется образцовыми манометрами 10 и 11, электроконтактным манометром 12. Исследование влияния пульсации давления потока раствора на процесс концентрирования было организовано в ячейке 4 с помощью пьезоэлектрического датчика 18, который подключен к аналитической автоматизированной системе 19. Модульная система LTC-002/25 подключена к ПЭВМ 17. В системе поддерживалась температура раствора с помощью водяного термостата 16 и измерялась потенциометром 14, термопары 15. Прошедшая в процессе разделения через мембрану жидкость собиралась в емкость 2. Давление в системе регулировалось игольчатым вентилем 5. Сброс давления в системе в аварийном случае осуществляется вентилем 9. Система ресиверов 7 и 20 для регулирования пульсаций давления в установке представляет собой сообщающиеся цилиндрические сосуды объемом $3,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, предварительно заполненные сжатым воздухом компрессором 8, до давления, составляющего 10...40% от рабочего.

Коэффициент задержания K определяли по формуле

$$K = 1 - (C_{\text{пер}} / C_{\text{исх}}), \quad (1)$$

где $C_{\text{пер}}$ – концентрация белочка в пермеате, кг/м³; $C_{\text{исх}}$ – концентрация белочка в исходном растворе, кг/м³.

Значение удельной производительности G рассчитывали по зависимости

$$G = V / (F_M \tau), \quad (2)$$

где V – объем собранного пермеата, м³; F_M – концентрация белочка в исходном растворе, м²; τ – объем собранного пермеата, с.

Проанализированы результаты экспериментальных исследований. Результаты экспериментов представлены на рис. 2.

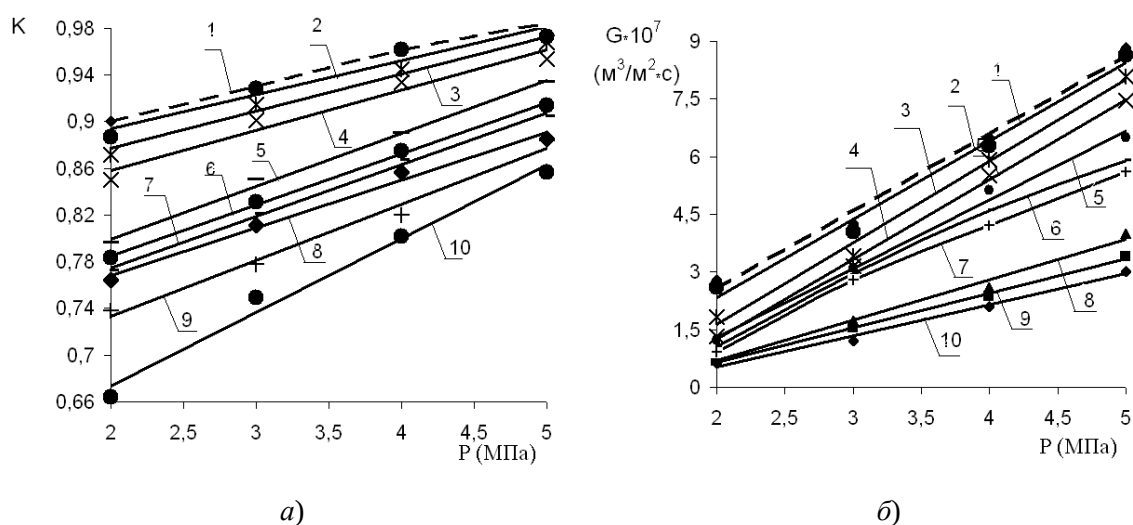


Рис. 2. Зависимость значений коэффициента задержания (а) и удельной производительности мембран (б) от давления и исходной концентрации раствора белочка ОБ-жидкого:

Эксперимент: мембрана ESPA, 2 – $C_{\text{исх}} = 20,9$ кг/м³; 3 – $C_{\text{исх}} = 45$ кг/м³; 4 – $C_{\text{исх}} = 65,8$ кг/м³;
мембрана ОПМ-К, 5 – $C_{\text{исх}} = 20,9$ кг/м³; 6 – $C_{\text{исх}} = 45$ кг/м³; 7 – $C_{\text{исх}} = 65,8$ кг/м³;
мембрана МГА-95К, 8 – $C_{\text{исх}} = 20,9$ кг/м³; 9 – $C_{\text{исх}} = 45$ кг/м³; 10 – $C_{\text{исх}} = 65,8$ кг/м³.

Расчет: мембрана ESPA, 1 – $C_{\text{исх}} = 20,9$ кг/м³

Обнаружены следующие закономерности. С увеличением величины давления наблюдается увеличение коэффициента задержания и удельной производительности мембран на всех типах мембран. Это связано, вероятно всего, с увеличением конвективной составляющей процесса обратноосмотического концентрирования. Различные исходные концентрации раствора белочка ОБ-жидкого продемонстрировали следующие закономерности. Коэффициент задержания для мембран МГА-95К, ESPA, ОПМ-К уменьшается при увеличении концентрации белочка ОБ-жидкого, так как при концентрации более 20 кг/м³ доля воды в пограничном слое уменьшается (концентрационная поляризация), а активный слой мембраны обезвоживается [4]. Увеличение концентрации растворенных веществ приводит к повышению осмотического давления раствора, что снижает эффективную движущую силу процесса, а также к возрастанию вязкости раствора.

Коэффициент задержания мембран рассчитывался при помощи модифицированной формулы, предложенной Б. В. Дерягиным, Н. В. Чураевым, Г. А. Мартыновым, В. М. Старовым [6], которая для наших исследований имеет вид:

$$K = 1 - \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{kk_1} - 1 \right) \left[1 - \exp \left(- \frac{Ghk k_2}{P_d} \right) \right] \exp \left(- \frac{G \cdot 0,00021k_3}{D_0 \sqrt{w}} \right)}, \quad (3)$$

где k_1, k_2, k_3 – коэффициенты, зависящие от типа мембраны и раствора; k – коэффициент распределения; P_d – коэффициент диффузионной проницаемости, м²/с; G – удельная производительность по пермеату, м³/м²·с; w – скорость движения раствора в межмембранном канале.

Вывод по результатам исследований следующий: на удельную производительность мембран основное влияние оказывают рабочее давление в системе и концентрация вещества. Удельная производительность мембран с увеличением исходной концентрации раствора уменьшается. Это связано с изменением структуры пограничного слоя и говорит о влиянии осмотического давления на процесс.

С учетом полученных зависимостей удельной производительности от давления раствора над мембраной, концентрации и температуры получено следующее выражение:

$$G = k(P - \Delta\pi)C^n \left(\frac{T}{T_0} \right)^m, \quad (4)$$

где k, n, m – эмпирические коэффициенты; T_0, T – реперная (принятая 293 К) и рабочая температуры разделяемого раствора; C – исходная концентрация раствора.

После обработки экспериментальных данных были получены конкретные значения эмпирических коэффициентов k_1, k_2, k_3, k, n, m для исследованных растворов белофора ОБ-жидкого и мембран МГА-95К, ОПМ-К, ESPA (табл. 1, 2).

1. Значения коэффициентов k_1, k_2, k_3 для раствора белофора ОБ-жидкого

Мембрана	Раствор	k_1	k_2	k_3
МГА-95К	Белофор ОБ-жидкий	$0,68 \cdot 10^{-3}$	0,058289	1,111142
ESPA		$9,64 \cdot 10^{-6}$	$1,3969 \cdot 10^{-5}$	0,539192
ОПМ-К		$6,09 \cdot 10^{-3}$	0,008975	0,488309

2. Значения коэффициентов k, n, m для раствора белофора ОБ-жидкого

Мембрана	Раствор	$k \cdot 10^6$	n	m
МГА-95К	Белофор ОБ-жидкий	1,79	–0,24505	–122
ESPA		16	–0,12801	–227

Сравнение экспериментальных значений с расчетными данными показало удовлетворительное совпадение.

Выводы. Впервые получены данные и проанализировано влияние внешних факторов на технологический параметр процесса: коэффициент задержания при разделении модельных растворов беллофора ОБ-жидкого для промышленных обратноосмотических мембран. Установлено влияние различных параметров (давления, концентрации) на значение коэффициента задержания. Получено модифицированное уравнение для расчета значения коэффициента задержания с учетом изменения давления и концентрации раствора.

Для оценки производительности процесса по пермеату были получены экспериментальные данные и математическое выражение для расчета значения удельной производительности при разделении водных растворов беллофоров на обратноосмотических мембранах. Наблюдается увеличение удельной производительности для всех исследуемых типов объектов с возрастанием рабочего давления и с уменьшением концентрации растворов, что говорит о разности давления рабочего и осмотического давления как об основной движущей силе процесса. Установлено, что удельная производительность при прочих равных условиях зависит от вида используемых мембран.

Список источников

1. Дубицкая, Н. И. Применение метода обратного осмоса для очистки сточных вод / Н. И. Дубицкая, С. А. Перлов // Бумажная промышленность. – 1987. – № 6. – С. 5–6.
2. Пат. на изобретение RUS 2544696 02.11.2012. Способ удаления водорастворимых примесей из суспензий органических продуктов / Орехов В. С., Леонтьева А. И., Субочева М. Ю., Труфанов Д. Н.
3. Лазарев, С. И. Очистка технической воды на обратноосмотической установке плоскокамерного типа / С. И. Лазарев, В. В. Мамонтов, С. В. Ковалев // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2006. – Т. 49, Вып. 9. – С. 52 – 54.
4. Мулдер, М. Введение в мембранную технологию / М. Мулдер. – М. : Мир, 1999. – 513 с.
5. Хванг, С.-Т. Мембранные процессы разделения / С.-Т. Хванг, К. Каммермейер ; под ред. Ю.И. Дытнерского. – М. : Химия, 1981. – 464 с.
6. Дерягин Б. В., Чураев Н. В., Мартынов Г. А. и др. // Химия и технология воды. – 1981. – Т. 3, № 2. – С. 99 – 104.

References

1. Dubitskaya, N. I. Application of reverse osmosis for wastewater treatment / N. I. Dubitskaya, S. A. Perlov // Paper industry. – 1987. – No. 6. – P. 5–6.
2. Orekhov V. S., Leontiev A. I., Subocheva M. Y., Trufanov D. N. A method for removing water-soluble impurities from suspensions of organic products, patent RUS 2544696 02.11.2012.
3. Lazarev, S. I. Purification of process water in the reverse osmosis installation ploskokamernogo type / S. I. Lazarev, V. V. Mamontov, S. V. Kovalev // Math. universities. Chemistry and Chemical Engineering. technology. – 2006. – V. 49, Is. 9. – P. 52 – 54.
4. Mulder, M. Introduction to membrane technology: pen. with Eng. / M. Mulder. – M.: Mir, 1999. – 513 p.
5. S.-T. Hwang, K. Kammermeyer Membrane separation processes. Ed. Y. I. Dytnerskogo. – M. : Chemistry, 1981. – 464 p.
6. Deriagin B. V. Churaev N. V., Martynov G. A. etc. // Chemistry and technology of water. – 1981. – V. 3, No. 2. – P. 99 – 104.

УДК 66.066.2

ББК 35.62

А. Н. Аскарлов, студент, **М. Ю. Субочева**, канд. техн. наук, доцент
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ОЧИСТКА ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД В ПРОИЗВОДСТВЕ АЗОКРАСИТЕЛЕЙ И ПИГМЕНТОВ

Аннотация. Рассмотрен способ снижения сточных вод в производстве органических пигментов и красителей за счет повторного использования промывных вод, без потери качественных показателей готовых продуктов.

Ключевые слова: водорастворимые соли, относительная красящая способность, промывные воды, суспензия, пигмент.

A. N. Askarov, Student, **M. Yu. Subочева**, Ph. D. Sc., Associate Professor
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT IN THE PRODUCTION OF AZO DYES AND PIGMENTS

Abstract. The article considers a method for reducing wastewater in the production of organic pigments and dyes, due to the reuse of wash water, without losing the quality indicators of finished products.

Keywords: water-soluble salts, relative coloring power, wash water, suspension, pigment.

Промышленные стоки предприятий анилиноокрасочной отрасли – это сложные многокомпонентные по своему составу и содержанию органических (фенол, анилин, различные амины, ксилолы, соли, кислоты и многие другие высокотоксичные вещества) и неорганических (растворимые, нерастворимые и взвешенные) компонентов среды, которые непостоянны. Они образуются на всех циклах производства органических азокрасителей и пигментов (подготовка сырья, синтез, фильтрация, вспомогательные стадии (мытьё оборудования и полов)) [1].

Применяемые в настоящее время способы и методы очистки сточных вод не обеспечивают надлежащую степень очистки и утилизацию веществ, образующихся на данном производстве [2]. Применяемые способы очистки не всегда являются экономически обоснованными, и при решении одной проблемы возникают другие, еще более сложные. В связи с этим экологические проблемы очистки промышленных сточных вод в производстве азокрасителей и пигментов сохраняются.

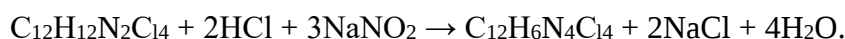
Учитывая, что на большинстве предприятий локальные очистные сооружения отсутствуют либо работают малоэффективно, вопрос организации эффективной очистки становится весьма актуальным. Кроме того, в работе анилиноокрасочной промышленности требуется большое количество вод на процессы синтеза и отмывки пигментов и красителей. В связи с тем, что нормативы использования водных ресурсов все более ужесточаются, встанет проблема уменьшения количества сточных вод и разработки их способов очистки для повторного использования на всех производственных циклах.

Предполагаемый способ очистки промышленных сточных вод в производстве органических азокрасителей и пигментов обеспечивает качество отмывки, аналогичное артезианской воде при незначительных расходах на обеспечение утилизации водных промышленных стоков.

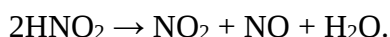
В основу производства большинства органически пигментов и красителей (пигмента оранжевого Ж, ярко-красно 2С и др.) положены реакции диазотирования и азосочетания. Параллельно этим реакциям протекают ряд побочных, которые приводят к дополнительному образованию примесей, которые удаляют на стадии удаления водорастворимых примесей и фильтрации. Наряду с основными и побочными продуктами образуется большое количество сточных вод.

Химические схемы получения и образования побочных продуктов на примере пигмента оранжевого Ж ($C_{32}H_{24}O_2N_8Cl_2$).

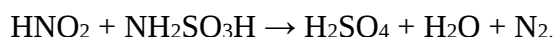
Получение диазосоединения (реакция диазотирования):



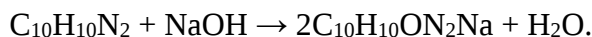
Побочная реакция разложения азотистой кислоты:



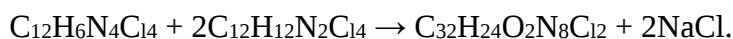
Нейтрализация сульфаминовой кислотой азотистой кислоты:



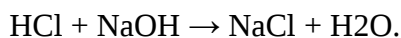
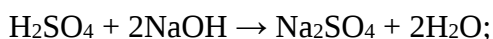
Получение раствора азосостояющей:



Реакция азосочетания:



Формирование нейтрального pH среды:



Улавливание окислов азота:



Большая часть отработанных сточных вод идет со стадии отмывки продукта. Поэтому предлагается сточные воды после производства данного продукта и прохождения их очистки, по предложенной методике, повторно использовать на этой стадии.

Предлагается метод очистки промышленных сточных вод после производства органических пигментов и красителей, основан на использовании катализатора [3 – 5], который будут проводить очистку вод от соединений, образующихся в результате синтеза пигментов и красителей и их промывки на фильтровальном оборудовании или методом декантации-репульсации. Предлагаемый катализатор готовится на основе наноматериалов, изготовленных с применением элементов первой, шестой и восьмой групп периодической системы

Д. И. Менделеева и структур, полученных золь-гель-методом. Данный катализатор разлагает органические вещества и одновременно удаляет водорастворимые соли, которые влияют на качество готового продукта, в частности, на его колористическую концентрацию, что позволяет просто и высокоэффективно очищать сточные воды от органических веществ и солей при относительно небольшой стоимости. При изготовлении катализатора применяют недефицитные и нетоксичные реагенты.

Для проведения исследований по оценке эффективности предлагаемого способа очистки промышленных сточных вод, производств органических азокрасителей и пигментов, с целью повторного использования брали пигмент оранжевый Ж в виде суспензии, в которой также присутствуют побочные продукты, получаемые в процессе синтеза пигмента. Целевой продукт в виде пасты получали на фильтровальной установке из суспензии. Полученный фильтрат и промывные воды проходили очистку с использованием катализатора. Паста пигмента, полученная из 800 мл пигмента, промывалась 400 мл артезианской воды, сушилась при температуре 70...80 °С и затем проводились аналитические замеры показателей качества экспресс-методом по ГОСТ 11279.1 п. 1,2 в масляном покрытии визуальном и инструментальном. Инструментальная оценка проводилась в разделе на цветоизмерительном комплексе «Макбет» с помощью программного обеспечения «OPTIVIEW LITE» относительно стандартного типа. Оценку печатных оттисков проводили на спектроколориметре «Макбет» Color Eye 7000A. Оценивались показатели: I , % – колористическая концентрация; ΔH – оттенок; ΔL – светлота; ΔC – чистота; ΔE – общее световое различие.

В таблице 1 приведены основные физико-химические показатели качества артезианской воды, используемой на всех производствах азокрасителя и пигментов, промышленных сточных водах и водах, прошедших очистку катализатором очистки [1, 3 – 5].

Как видно из табл. 1 физико-химические показатели воды после прохождения всех стадий производства (сточные воды) значительно выше, чем у исходного образца. Физико-химические показатели воды по загрязняющим компонентам после очистки катализатором по своим значениям приближаются к исходной артезианской воде. Следовательно, вода может быть использована вторично в производстве пигментов.

Показатели качества пигмента оранжевого Ж, промытого по стандартной технологии с применением, соответственно, артезианской воды и по предлагаемой технологии с использованием промышленных сточных вод, прошедших очистку катализатором, приведены в табл. 2.

Полученные экспериментальные данные подтверждают возможность применения предлагаемого способа очистки сточных вод с целью их повторного использования.

Предлагаемый способ очистки сточных вод производства пигментов обеспечивает качество отмывки, аналогичное использованию артезианской воды при незначительных расходах на обеспечение данной технологии утилизации водных загрязнений. Применение разработанной технологии очистки сточных вод в производстве органических пигментов и красителей с использованием катализаторов очистки обеспечивает снижение вредных стоков, которые направляют в пруды-накопители без создания дополнительной инфраструктуры, использования высокотехнологического дорогостоящего оборудования и высокого расхода электроэнергии.

1. Физико-химические показатели артезианских вод

Наименование показателя	Артезианская вода	Промышленные сточные воды	Промышленные воды после очистки катализатором
рН	7,4	8,2	7,6
Хлориды, мг/л	42,1	1054,4	49,2
Сульфаты, мг/л	110,7	Отсутствуют	Отсутствуют
Общая жесткость, °Ж	7,5	10	8
Железо общ., мг/л	0,21	51,6	0,27
Цветность, °цвет	2,6	13673	17,1
Сухой остаток, г/л	0,66	2,32	0,7
ХПК, мг/л	18,5	357,7	30
Гидрокарбонат-ион, мг/л	396,5	610	458
Нитрит-ионы, мг/л	0,07	3,34	1,11
Ион-аммония, мг/л	1,53	Отсутствует	Отсутствует
Кальций-ион, мг/л	80,1	100	80,16
Магний-ион, мг/л	42,5	60,8	48
Взвешенные вещества, мг/л	Отсутствуют	8,0	1,0
Прозрачность, см	Более 30	Более 25	5
Анилин, мг/л	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Фенолы, мг/л	Отсутствуют	1,91	0,019
Нефтепродукты, мг/л	Отсутствуют	0,119	0,001
Запах, балл	0	2	0,5
Электропроводность, мкСм/см	727	3700	790

2. Колористическая оценка пигмента в масляном покрытии

Вид оценки		Образец пигмента		
		Стандартный образец пигмента	Пигмент, промытый артезианской водой	Пигмент, промытый промышленными водами после очистки
Визуальная оценка (оттенок, чистота тона)		Соответствует стандартному образцу или незначительное отклонение	Незначительно чище	Незначительно желтее и незначительно чище
Инструментальная оценка	ΔE	1,0	0,84	0,95
	ΔL	$\pm 0,5$	-0,42	-0,4
	ΔC	$\pm 0,5$	0,72	0,8
	ΔH	$\pm 0,5$	0,09	0,29
	$I\%$	100 ± 3	105	102

Список источников

1. Пименова, Е. В. Химические методы анализа в мониторинге водных объектов : учебное пособие / Е. В. Пименова. – Пермь : Изд-во Пермской ГСХА, 2011. – 138 с.
2. Вязовов, С. А. Исследование диффузионной проницаемости обратноосмотических мембран в водных растворах оптического отбеливателя тетра-сульфо-типа / С. А. Вязовов // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2016. – № 7-1. – С. 86–87.
3. Пат. 2135419 Российская Федерация, МПК C02F 1/72, 1/46. Способ очистки сточных вод от органических примесей / Рязанцев А. А., Батоева А. А., Жалсанова Д. Б. ; заявитель и патентообладатель Байкальский институт природопользования Сибирского отделения РАН ; № 98102056/25 ; заявл. 06.02.1998 ; опубл. 27.08.1999, Бюл. № 24. – 5 с.
4. Пат. 2480424 Российская Федерация, МПК C02F 9/12, C02F 1/32, C02F 1/36, C02F 1/72, C02F 103/14. Способ глубокой очистки сточных вод от красителей / Сизов А. В., Панов В. П. ; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный Университет технологии и дизайна» ; № 2011123935/05 ; заявл. 2011.06.10 ; опубл. 27.04.2013, Бюл. № 35. – 7 с.
5. Пат. 2324529 Российская Федерация, МПК B01D 61/14, B01D 61/42. Электробаромембранный аппарат плоскокамерного типа / Лазарев С. И., Вязовов С. А., Рябинский М. А. ; заявитель и патентообладатель Тамб. гос. техн. ун-т.; № 2006100139/15 ; заявл. 10.01.2006 ; опубл. 20.05.2008, Бюл. № 14. – 7 с.

References

1. Pimenova, E. V. Chemical methods of analysis in the monitoring of water bodies. Textbook / E. V. Pimenov. – Perm : Publishing House of the Perm State Agricultural Academy, 2011. – 138 p.
2. Vyazovov, S. A. Investigation of the diffusion permeability of reverse osmosis membranes in aqueous solutions of a tetra-sulfo-type optical brightener // Modern trends in the development of science and technology. – 2016. – No. 7-1. – P. 86–87.
3. Pat. 2135419 Russian Federation, IPC C02F 1/72, 1/46. A method of wastewater treatment from organic impurities / Ryazantsev A. A., Batoeva A. A., Zhalsanova D. B., applicant and patent holder Baikal Institute of Environmental Management of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences – No. 98102056/25; dec. 02/06/1998; publ. 08/27/1999, Bull. No. 24. – 5 p.
4. Pat. 2480424 Russian Federation, IPC C02F 9/12, C02F 1/32, C02F 1/36, C02F 1/72, C02F 103/14. The method of deep purification of wastewater from dyes / Sizov A. V., Panov V. P., applicant and patent holder State educational institution of higher professional education “St. Petersburg State University of Technology and Design”. – No. 2011.06.10; publ. 27.04.2013, Bull. No. 35. – 7 p.
5. Pat. 2324529 Russian Federation, IPC B01D 61/14, B01D 61/42. Electrobaro-membrane apparatus of a flat-chamber type / Lazarev S. I., Vyazovov S. A., Ryabinsky M. A.; applicant and patent holder Tamb. state tech. un-t. – No. 2006100139/15; dec. 01/10/2006; publ. May 20, 2008, Bull. No. 14. – 7 p.

М. А. Баклыкова, студент, **И. Н. Шубин**, канд. техн. наук, доцент
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОГО СОРБЕНТА НА ОСНОВЕ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА

Аннотация. Представлены результаты исследования сорбционной активности разработанного углеродного материала по типовому загрязнителю – метиленовому синему. Анализ результатов показал, что разработанный материал может являться перспективным сорбентом органических загрязнителей из водных сред.

Ключевые слова: активированный углеродный материал, перспективный сорбент, диагностика характеристик.

M. A. Baklykova, Student, **I. N. Shubin**, Ph. D., Associate Professor
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A PROMISING SORBENT BASED ON ACTIVATED CARBON MATERIAL

Abstract. The paper presents the results of a study of the sorption activity of the developed carbon material for a typical pollutant – methylene blue. Analysis of the results showed that the developed material can be a promising sorbent of organic pollutants from aquatic environments.

Keywords: activated carbon material, promising sorbent, diagnostics of characteristics.

Влияние человека на окружающую среду, обусловленное широким развитием промышленного комплекса, является основным фактором, оказывающим отрицательное влияние на экологическую обстановку целых регионов. В отходах многих производств содержатся в значительных количествах вещества, не характерные для естественного состояния природных экосистем или приводящие к превышению содержания отдельных физических и химических элементов. В этой связи возникает необходимость в проведении исследований, направленных на разработку новых высокоэффективных материалов и технологий, позволяющих удалять различные виды токсичных загрязнителей из водных сред [1, 2].

Одними из наиболее распространенных загрязнителей в современной промышленности являются разнообразные красители – типовым представителем которых является метиленовый синий (МС), представляющий группу хинониминовых красителей, содержащих фенотиазиновый цикл. МС – это катионный краситель, считающийся не высокотоксичным для здоровья человека при малых дозах и кратковременном контакте. Однако длительное воздействие или высокое содержание МС в воде может вызвать целый ряд негативных воздействий на здоровье человека. В связи с развитием антропогенной деятельности все большее количество токсичных загрязнений попадают в окружающую среду из-за неправильной утилизации или неэффективности очистки сточных вод различных предприятий. В связи с этим становится особенно актуальной задача очистки водных сред от промышленных красителей [3, 4].

Одними из наиболее эффективных материалов для решения подобных задач являются высокопористые углеродные материалы, имеющие значительную удельную поверхность и пористость, с преобладанием микро- и мезопор. Данные материалы представляются наиболее перспективными в качестве универсальных сорбентов для решения экологических задач в таких отраслях как нефтехимия, энергетика, сельское хозяйство и т.д. Это объясняется структурой подобных материалов, сочетающей развитую систему микро- и мезопор, со значительной удельной поверхностью, а также доступные поры и их большой объем с наличием развитых транспортных пор, обеспечивающих быструю адсорбцию загрязнителей, химическую инертность и стабильность в реальных условиях применения [5, 6].

Для получения высокопористых углеродных материалов обычно проводят активацию различного предварительно карбонизированного углеродного сырья, например декстрина, фурфурола, гидрохинона, уротропина, карбоксиметилцеллюлозы, природных углей, углеродных нанотрубок или различные их комбинации разнообразными реагентами – водяным паром, кислотами, щелочами и т.д. при повышенной температуре [2, 5].

Активированные углеродные материалы обладают высокой удельной поверхностью, большим объемом пор (преимущественно в нанометровом диапазоне) и иерархической пористой структурой, экологически безопасны, экономичны, нетоксичны и селективны, что делает их хорошими кандидатами для использования в адсорбции органических загрязнителей из водных сред, в том числе и промышленных красителей [7, 8].

Авторы работы, на основе предварительных исследований, разработали и исследовали активированный высокопористый углеродный материал, направленный на решение различных экологических задач. В общем виде технология получения данного материала включала два основных этапа:

На первом этапе проводилась высокотемпературная активация (400...750 °C) специально подобранного предкарбонизированного углеродного сырья при определенном соотношении с активатором, в качестве которого использовалась щелочь (гидроксид калия). Причем процесс активации был проведен с использованием различных вариантов активаторов. В результате активации был получен материал, имеющий следующие характеристики: удельная поверхность более 2700 м²/г, объем пор более 1,3 см³/г. В результате проведения данного этапа был отработан ряд режимных параметров процесса активации, включающий [5, 9, 10]:

- подбор исходного углеродного сырья и его карбонизацию;
- подбор активатора и его соотношения с карбонизатом;
- определение наиболее эффективного режима активации;
- проведение пост-обработки активированного материала;
- диагностику физико-структурных параметров полученного углеродного материала (удельной поверхности и пористости), для чего использовался аналитический комплекс Nova Quantachrome E1200.

Второй этап предполагал проверку физико-химических свойств активированного материала – а именно сорбционных характеристик по наиболее распространенному загрязнителю – МС. Данные исследования были проведены с помощью спектрофотометрического анализа на спектрофотометре ПЭ-5400ВИ. В результате была установлена высокая сорбционная активность по отношению к МС, составившая 1865...2010 мг/г (для углеродных материалов, активированных одним и несколькими активаторами соответственно).

Анализируя полученные данные и сравнивая их с материалами-аналогами по сорбционной активности [11, 12], можно отметить значительно большую эффективность полученных активированных углеродных материалов (рис. 1).

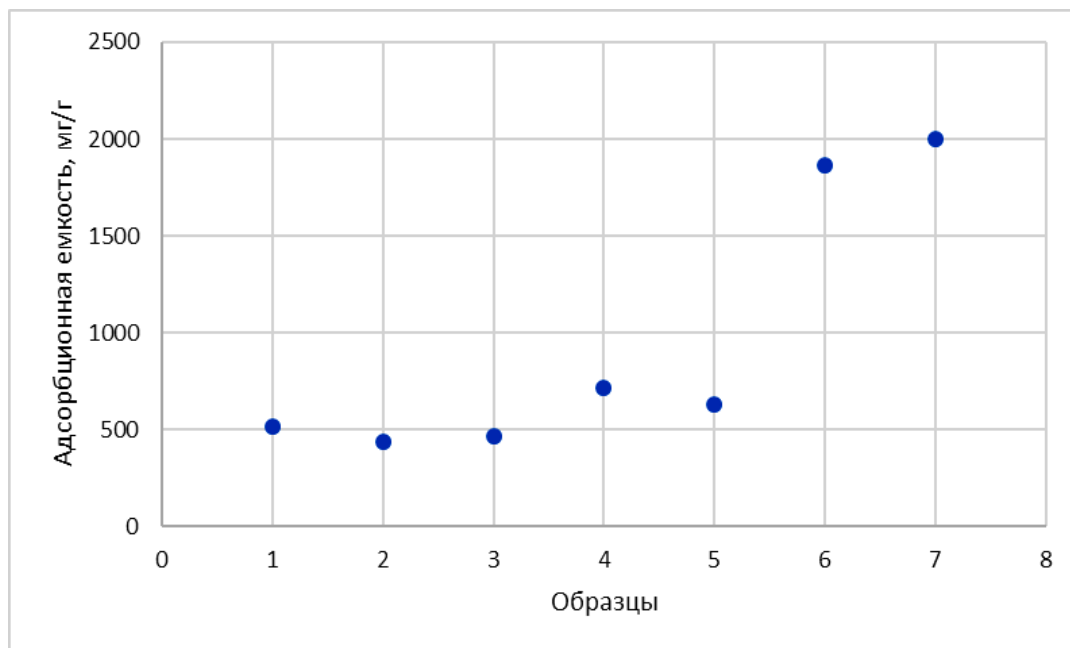


Рис. 1. Сравнение адсорбционной активности материалов-аналогов и полученных образцов по метиленовому синему:

1 – 5 – материалы-аналоги; 6, 7 – полученные высокопористые углеродные материалы, активированные различными активаторами

Таким образом, в результате проведенных исследований была предложена технология проведения активации, определены ее эффективные режимные параметры и получен высокопористый углеродный материал, который может являться перспективным адсорбентом для решения экологических задач по очистке водных сред от токсичных органических загрязнителей.

Список источников

1. Актуальные физико-химические проблемы адсорбции и синтеза нанопористых материалов : сб. тр. Всерос. симпозиума с междунар. участием, посвященного памяти чл.-корр. РАН В. А. Авраменко, 17 октября, 2022, Москва. – М. : ИФХЭ РАН, 2022. – 274 с.
2. Shubin, I. N. Features of implementation options for the process of high-temperature activation of carbon material / I. N. Shubin, A. A. Popova // Journal of Advanced Materials and Technologies. – 2023. – No. 8(1). – P. 41 – 48.
3. Jute cellulose nanocrystal/poly (N,N-dimethylacrylamide-co-3-methacryloxypropyltrimethoxysilane) hybrid hydrogels for removing methylene blue dye from aqueous solution / S. Hossain, M. D. Shahrzaman, S. F. Kabir, et al. // Journal of Science: Advanced Materials and Devices. – 2021. – No. 6(2). – P. 254 – 263.
4. Mbaz, G. M. Instant removal of methylene blue using water-soluble non-cadmium based quantum dots. : Materials Letters / G. M. Mbaz, S. Parani, O. S. Oluwafemi. – 2021; 303:130495.
5. Попова, А. А. Исследование технологических параметров активации, влияющих на характеристики нанопористого углеродного материала / А. А. Попова, И. Н. Шубин // Материаловедение. – 2022. – № 11. – С. 3 – 8.

6. Оптимизация пористой структуры активированных углей в процессе технологического производства / В. Ф. Олонцев, Е. А. Фарберова, А. А. Минькова и др. // Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология. – 2015. – № 4. – С. 9 – 23.
7. Han, X. Efficient removal of methyl blue using nanoporous carbon from the waste biomass / X. Han, H. Wang, L. Zhang // Water Air Soil Pollut. – 2018. – No. 229(2). – P. 26.
8. Breakthrough CO₂ adsorption in bio-based activated carbons / S. Shahkarami, R. Azargohar, A. K. Dalai, J. Soltan // J. Environ. Sci. – 2015; – No. 34. – P. 68 – 76.
9. Лабораторная установка для исследования режимных параметров процесса высокотемпературной активации [Электронный ресурс] / М. А. Баклыкова, В. И. Старунская, И. Н. Шубин и др. // Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент : материалы XIV Междунар. науч.-иннов. молодежной конф. ; под общ. ред. оргкомитета ; ФГБОУ ВО «ТГТУ», 17–18 ноября 2022 г. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2022. – С. 121 – 123.
10. Баклыкова, М. А. Исследование влияния параметров оборудования на технологический процесс активации [Электронный ресурс] / М. А. Баклыкова, В. И. Старунская, И. Н. Шубин // Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития : сб. науч. ст. молодых ученых, аспирантов и студентов ; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2022. – Вып. XIV. – С. 48 – 51.
11. Methylene blue adsorption by activated carbon, nickel alginate/activated carbon aerogel, and nickel alginate/graphene oxide aerogel : a comparison study / Y. Wang, J. Pan, Y. Li, et al. // Journal of Materials Research and Technology. – 2020. – No. 9(6). – P. 12443 – 12460.
12. Adsorption of congo red and methylene blue dyes on an ashitaba waste and a walnut shell-based activated carbon from aqueous solutions: Experiments, characterization and physical interpretations / Z. Li, H. Hanafy, L. Zhanga, et al. // Chemical Engineering Journal. – 2020. – 388:124263.

References

1. Actual physical and chemical problems of adsorption and synthesis of nanoporous materials: All-Russian symposium with international participation, dedicated to the memory of Corr. RAS V. A. Avramenko, October 17, 2022, Moscow, Russia. Collection of proceedings of the symposium. – М. : IFCHE RAN, 2022. – 274 p.
2. Shubin, I. N. Features of implementation options for the process of high-temperature activation of carbon material / I. N. Shubin, A. A. Popova // Journal of Advanced Materials and Technologies. – 2023. – No. 8(1). – P. 41 – 48.
3. Jute cellulose nanocrystal/poly (N,N-dimethylacrylamide-co-3-methacryloxypropyltrimethoxysilane) hybrid hydrogels for removing methylene blue dye from aqueous solution / S. Hossain, M. D. Shahrzaman, S. F. Kabir, et al. // Journal of Science: Advanced Materials and Devices. – 2021. – No. 6(2). – P. 254 – 263.
4. Mbaz, G. M. Instant removal of methylene blue using water-soluble non-cadmium based quantum dots. : Materials Letters / G. M. Mbaz, S. Parani, O. S. Oluwafemi. – 2021; 303:130495.
5. Popova, A. A. Investigation of technological activation parameters affecting the characteristics of nanoporous carbon material / A. A. Popova, I. N. Shubin // Material Science – 2022, No. 11. – P. 3 – 8.
6. Optimization of the porous structure of activated carbons in the process of technological production / V. F. Olontsev, E. A. Farberova, A. A. Minkova et al. // Bulletin of PNRPU. Chemical technology and biotechnology. – 2015. – No. 4. – P. 9 – 23.
7. Han, X. Efficient removal of methyl blue using nanoporous carbon from the waste biomass / X. Han, H. Wang, L. Zhang // Water Air Soil Pollut. – 2018. – No. 229(2). – P. 26.
8. Breakthrough CO₂ adsorption in bio-based activated carbons / S. Shahkarami, R. Azargohar, A. K. Dalai, J. Soltan // J. Environ. Sci. – 2015; – No. 34. – P. 68 – 76.

9. Laboratory installation for the study of regime parameters of the process of high-temperature activation / M. A. Baklykova, V. I. Starunskaya, I. N. Shubin [and others] // Modern solid-phase technologies: theory, practice and innovation management [Electronic resource]: materials of the XIV International Scientific and Innovation Youth Conference; under total ed. organizing committee; FGBOU VO "TSTU", November 17–18, 2022 – Tambov : Publishing Center of FGBOU VO "TSTU", 2022. – P. 121 – 123.
10. Baklykova, M. A. Study of the influence of equipment parameters on the technological process of activation / M. A. Baklykova, V. I. Starunskaya, I. N. Shubin // Problems of technogenic safety and sustainable development [Electronic resource]: a collection of scientific articles by young scientists, graduate students and students / FGBOU VO "TSTU". – Tambov: Publishing Center of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "TSTU", 2022. – Is. XIV. – P. 48 – 51.
11. Methylene blue adsorption by activated carbon, nickel alginate/activated carbon aerogel, and nickel alginate/graphene oxide aerogel : a comparison study / Y. Wang, J. Pan, Y. Li, et al. // Journal of Materials Research and Technology. – 2020. – No. 9(6). – P. 12443 – 12460.
12. Adsorption of congo red and methylene blue dyes on an ashitaba waste and a walnut shell-based activated carbon from aqueous solutions: Experiments, characterization and physical interpretations / Z. Li, H. Hanafy, L. Zhanga, et al. // Chemical Engineering Journal. – 2020. – 388:124263.

В. С. Колкова, студент, **Я. В. Устинская**, аспирант,
М. С. Темнов, канд. техн. наук, доцент, **Д. С. Дворецкий**, д-р техн. наук, профессор
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНОЙ ИНГИБИРУЮЩЕЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЕПТИДНОЙ ФРАКЦИИ *SPIRULINA PLATENSIS* В ОТНОШЕНИИ ГРАМПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ БАКТЕРИЙ

Аннотация. Биологически активные антибактериальные пептиды представляют собой катионные молекулы длиной 8 – 45 аминокислотных остатков, молекулярной массой ниже 10 кДа. Важнейшее преимущество пептидов перед традиционными антибиотиками состоит в меньшей способности стимулировать развитие резистентности. В данной работе было исследовано влияние антибактериальной активности пептидной фракции цианобактерий *Spirulina platensis* на грамположительные бактерии при освещении белым светом и в темноте. Определены зоны ингибирования тест-культуры и минимальная ингибирующая концентрация (МИК). Пептидная фракция была получена с помощью гидролиза выделенных белков из *Spirulina platensis* ферментом пепсином. Продемонстрировано, что полученные пептиды обладают антибактериальной активностью в отношении грамположительных бактерий, выделенных из воздуха. Установлено, что механизм действия пептидов цианобактерий *Spirulina platensis* не зависит от уровня освещенности. МИК пептидов при освещении составила 386,207 мкг/мл, а в темноте – 397,349 мкг/мл.

Ключевые слова: *Spirulina platensis*, антибактериальные пептиды, грамположительные бактерии.

V. S. Kolkova, Student, **Ya. V. Ustinskaya**, Graduate Student,
M. S. Temnov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
D. S. Dvoretzky, Doctor of Technical Sciences, Professor
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

DETERMINATION OF THE MINIMUM INHIBITORY CONCENTRATION OF THE PEPTIDE FRACTION OF *SPIRULINA PLATENSIS* IN RELATION TO GRAM-POSITIVE BACTERIA

Abstract. Biologically active antibacterial peptides are cationic molecules with a length of 8 to 45 amino acid residues and a molecular weight below 10 kDa. The most important advantage of peptides over conventional antibiotics is their lesser ability to stimulate the development of resistance. In this work, we investigated the effect of antibacterial activity of the peptide fraction of *Spirulina platensis* cyanobacteria on Gram-positive bacteria under white light and in the dark. The inhibition zones of the test culture and the minimum inhibitory concentration (MIC) were determined. The peptide fraction was obtained by hydrolysis of isolated proteins from *Spirulina platensis* with the enzyme pepsin. It was demonstrated that the obtained peptides have antibacterial activity against Gram-positive bacteria isolated from the air. The mechanism of action of *Spirulina platensis* cyanobacteria peptides was found to be independent of the illumination level. The MIC of the peptides was 386.207 µg/ml in light and 397.349 µg/ml in darkness.

Keywords: *Spirulina platensis*, antibacterial peptides, Gram-positive bacteria.

Распространение множественной лекарственной устойчивости вынуждает вести поиск антибиотических веществ, с одной стороны, эффективных в отношении устойчивых штаммов патогенных бактерий, а с другой – обладающих набором характеристик, которые препятствуют развитию резистентности к ним со стороны бактерий на протяжении как можно более длительного времени [1]. Этим условиям в полной мере соответствуют природные антибактериальные соединения, полученные из цианобактерий [2 – 5].

В связи с этим, целью работы являлось исследование влияния антибактериальной активности пептидной фракции *Spirulina platensis* на грамположительные бактерии.

Для проведения эксперимента использовался штамм цианобактерий *Limnospira sp. IPPAS B-256 (Spirulina platensis)*, полученный в Институте физиологии растений имени К. А. Тимирязева РАН. Культивирование штамма микроводорослей осуществлялось в фото-биореакторе объемом 5 л при температуре $(30 \pm 2)^\circ\text{C}$, уровне фотосинтетически активной радиации (ФАР) $= 100 \pm 20$ мкмоль фотонов/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$), аэрации газовой смеси с концентрацией углекислого газа 0,15...0,02% (расход $(1 \pm 0,2)$ л/мин) с использованием питательной среды Заррука. Влажность биомассы цианобактерий 8%.

Экстракцию белков из биомассы микроводорослей проводили в течение 20 ч при температуре 4°C с использованием в качестве растворителя фосфатного буфера (рН..7,2 – 7,4), взятого в количестве 25 мл.

Пептидная фракция была получена предварительно из белковой фракции, путем гидролиза белков ферментом пепсином, взятом в соотношении 1 (массовая единица фермента): 100 (массовая единица белка). Обработка осуществлялась при рН..2 в течение 4 ч. Инактивация фермента осуществлялась путем нагревания смеси до температуры 85°C в течение 15 мин. Выравнивание уровня рН осуществлялось 1 М гидроксидом натрия до уровня 7. Был получен раствор пептидов, концентрация которого определялась спектрофотометрическим методом и составила 4,8 мг/мл.

В работе использовался метод лунок, основанный на диффузии вещества в толщу агаровой среды, содержащей тест-культуру бактерий, выделенных из воздуха [6]. На первом этапе эксперимента стерильным инструментом в среде МХА (толщина слоя агара в чашке $4 \pm 0,5$ мм), которая была помещена в чашки Петри, проделывались лунки размером 6...7 мм. Затем, в чашку Петри на питательную среду с проделанными лунками вносилось 50 мкл Грам + бактерий с концентрацией примерно $99,9 \cdot 10^6$ КОЕ/мл. Далее в лунки вносилось определенное количество водорастворимой пептидной фракции.

Зона ингибирования антибиотика азитромицина $22,3 \pm 1$ мм.

Чашки Петри с внесенной бактериальной культурой помещались в термостат и культивировались при температуре 37°C . Часть чашек Петри (табл. 1) освещалась белым светом с уровнем ФАР $= 100 \pm 20$ мкмоль фотонов/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$). Положительный контроль во всех экспериментах – азитромицин – 15 мкг. Отрицательный контроль – фосфатный буфер рН..7,4 – 80 мкл. Эксперимент был осуществлен в 3-х повторностях, величины зон ингибирования роста бактерий вокруг дисков с веществами, представленные в табл. 1, представляют собой среднее арифметическое по результатам трех параллельных опытов.

Минимальная ингибирующая концентрация (МИК) антимикробных пептидных фракций определялась по вносимому количеству вещества в лунку (мкг/мл) и усредненному диаметру зон ингибирования (мм) с использованием регрессионного анализа [6].

По результатам расчета МИК для чашек Петри, освещаемых белым светом, составила 386,207 мкг/мл, а для находящихся в темноте – 397,349 мкг/мл. Это объясняется тем, что механизм действия пептидов не зависит от уровня освещенности.

Таким образом, было выявлено, что пептидная фракция, полученная из цианобактерий *Spirulina platensis*, обладает антибактериальной активностью в отношении грамположительных бактерий. Антибактериальные пептиды перспективно применять в медицине, в ветеринарии, в сельском хозяйстве, а также в качестве кормовых добавок.

1. Зоны ингибирования

№	Концентрация, мг/мл	Количество вещества в лунке, мкг/мл	Свет	D_{cp} , мм
1	4,8	$800 \pm 80,1$	+	$10,3 \pm 1,4$
2		700 ± 70	+	$10,2 \pm 0,7$
3		600 ± 60	+	$7,5 \pm 6,5$
4		$500 \pm 50,04$	+	$3,3 \pm 5,7$
5		400 ± 40	+	–
6		$100 \pm 9,9$	+	–
7		50 ± 5	+	–
8		$800 \pm 80,1$	–	$11,9 \pm 2$
9		700 ± 70	–	$10,6 \pm 0,5$
10		600 ± 60	–	$8,9 \pm 8,3$
11		$500 \pm 50,04$	–	$3,2 \pm 5,6$
12		400 ± 40	–	$2,9 \pm 4,9$
13		$100 \pm 9,9$	–	–
14		50 ± 5	–	–

Список источников

1. Иванов, О. А. Антибактериальные пептиды как альтернативное будущее профилактики бактериальных инфекций / О. А. Иванов // Наука и инновации. – 2018. – № 7. – С. 78.
2. Algae and cyanobacteria as a source of novel bioactive compounds for biomedical applications. In *Advances in Cyanobacterial Biology* / S. Kini, M. Divyashree, M. K. Mani, B. S. Mamatha // Elsevier: Amsterdam, The Netherlands. – 2020. – P. 173 – 194.
3. Cyanobacteria and Eukaryotic Microalgae as Emerging Sources of Antibacterial Peptides / R. Verónica, R. Luis, C. Constanza, G. Fanny // *Molecules*. – 2020. – V. 25, No. 24. – P. 27.
4. Isolation and characterization of an antibacterial peptide from protein hydrolysates of *Spirulina platensis* / S. Yijun, C. Rong, L. Qingye, L. Bosheng. // *European Food Research and Technology*. – 2015. – P. 8.
5. Anticancer and Antibacterial Properties in Peptide Fractions from Hydrolyzed *Spirulina* Protein / S. Sadeghi, H. Jalili, S.O. Ranaei Siadat, M. Sedighi // *Journal of Agricultural Science and Technology*. – 2018. – V. 20, No. 4. – P. 673 – 683.
6. Bonev, B. Principles of assessing bacterial susceptibility to antibiotics using the agar diffusion method / B. Bonev, J. Hooper, J. Parisot // *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. – 2008. – V. 61, No 6. – P. 1295 – 1301.

В. А. Нестерова, студент, **К. И. Меронюк**, аспирант,
М. С. Темнов, канд. техн. наук, доцент,
Д. С. Дворецкий, д-р техн. наук, профессор
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗВЛЕЧЕНИЯ КАРОТИНОИДОВ ИЗ МИКРОВОДОРОСЛИ *CHLORELLA SOROKINIANA*

Аннотация. Каротиноиды представляют собой распространенный класс структурно и функционально различающихся природных пигментов, которые имеют желтую, оранжевую и красную окраску. Препараты на основе каротиноидов используются в разных сферах промышленности: пищевой, косметической и фармацевтической. Перспективным сырьем для получения каротиноидов является биомасса микроводорослей. В данной работе проводилось экспериментальное исследование влияния совмещения стадий дезинтеграции клеток микроводорослей *Chlorella sorokiniana* ультразвуком (частота 22 кГц, мощность 55...57 Вт, время воздействия 30 минут.) и экстрагирования на выход каротиноидов. Анализ полученных экспериментальных данных показал, что совмещенный процесс разрушения клеточных стенок биомассы микроводоросли *Chlorella sorokiniana* ультразвуком и экстрагирования этанолом повышает выход каротиноидов в 2,2 раза (24 мг/мл) по сравнению с контрольным образцом (11 мг/мл; экстрагирование мацерацией).

Ключевые слова: микроводоросли, *Chlorella sorokiniana*, биомасса, ультразвуковое экстрагирование, каротиноиды.

V. A. Nesterova, Student, **K. I. Meronyuk**, Graduate Student,
M. S. Temnov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
D. S. Dvoretzky, Doctor of Technical Sciences, Professor
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

EXPERIMENTAL STUDY OF THE EXTRACTION PROCESS CAROTENOIDS FROM MICROALGAE *CHLORELLA SOROKINIANA*

Abstract. Carotenoids are a common class of structurally and functionally distinct natural pigments that are yellow, orange, and red. Carotenoid-based preparations are used in various industries: food, cosmetics and pharmaceuticals. A promising raw material for the production of carotenoids is the biomass of microalgae. In this work, an experimental study was made of the effect of combining the stages of disintegration of *Chlorella sorokiniana* microalgae cells with ultrasound (frequency 22 kHz, power 55...57 W, exposure time 30 minutes) and extraction on the yield of carotenoids. Analysis of the obtained experimental data showed that the combined process of destruction of the cell walls of the microalgae *Chlorella sorokiniana* biomass by ultrasound and extraction with ethanol increases the yield of carotenoids by 2.2 times (24 mg/ml) compared with the control sample (11 mg/ml; extraction by maceration).

Keywords: microalgae, *Chlorella sorokiniana*, biomass, ultrasound extraction, carotenoids.

Основным источником получения каротиноидов является растительное сырье, которое зависит от сезонности, погодных условий, необходимости больших площадей выращивания и использования пестицидов [1, 2].

Микробиологическое производство каротиноидов является альтернативным и основано на их синтезе из простых изопреноидных соединений, которые синтезируются в процессе жизнедеятельности микроорганизмов.

Биомасса микроводорослей *Chlorella sorokiniana* является перспективным источником каротиноидов, которые могут быть использованы в качестве биологически активных добавок, красителей для окраски молочной и масложировой продукции, а также могут входить в состав косметики и парфюмерии – шампуней, кремов, помад [3].

Микробиологический синтез получения каротиноидов включает в себя ряд последовательных стадий, одной из самых важных является стадия дезинтеграции клеточных стенок и экстрагирование. Более эффективное извлечение каротиноидов достигается при совмещении стадий разрушения клеточных стенок и экстрагирования [4]. Разрушение клеток позволяет повысить эффективность извлечения эндометаболитов из-за повышения гетерогенности среды и увеличения поверхности взаимодействия «растворитель-целевое вещество». Производительность процесса экстрагирования эндометаболитов из клеток микроводорослей напрямую связана с выбором экстрагента. При исследовании влияния полярности экстрагентов на выход каротиноидов установлено, что с увеличением полярности экстрагента повышается выход каротиноидов. Как определено [5] наиболее перспективным для извлечения каротиноидов из клеток микроводорослей является применение в качестве экстрагента этанола (96% (об.)). В связи с этим целью экспериментального исследования являлось извлечение каротиноидов методом ультразвукового экстрагирования из микроводоросли *Chlorella sorokiniana* при использовании этанола в качестве экстрагента.

Для проведения эксперимента использовалась биомасса микроводорослей *Chlorella sorokiniana* влажностью 9%. Навеска биомассы 2,5 г растворялась в 50 мл этанола. Далее первый образец обрабатывался в ультразвуком, а второй не подвергался обработке (контроль, экстрагирование проводилось мацерацией в течение 30 мин). Ультразвуковое экстрагирование осуществлялось при частоте 22 кГц, мощности 55...57 Вт, времени воздействия 30 мин. После обработки образцов клеточные остатки, образующие гетерогенную систему, состоящие из полярных и неполярных веществ, отделяли центрифугированием (в течение 20 мин, скорость вращения 3600 об/мин).

В полученном фугате определялось содержание хлорофилла а, хлорофилла b и каротиноидов спектрофотометрическим методом [6]. Эксперимент повторялся два раза. В таблице 1 представлены результаты эксперимента.

1. Результаты эксперимента

Образец	Ультразвуковое экстрагирование	Хл а, мг/мл	Хл b, мг/мл	Общее содержание, Хл, мг/мл	Концентрация каротиноидов, мг/мл
1	+	3,4	0,92	4,3	24
2	–	2,2	0,5	2,7	11

Анализ экспериментальных данных (табл. 1) показал, что совмещенный процесс экстрагирования этанолом с разрушением клеточных стенок биомассы микроводоросли *Chlorella sorokiniana* ультразвуком повышает выход каротиноидов в 2,2 раза (24 мг/мл) по сравнению с контрольным образцом (11 мг/мл; экстрагирование мацерацией).

Список источников

1. Кирпиченко, Е. В. Изучение содержания лютеина и зеаксантина в рационе с оценкой взаимосвязи уровня алиментарного поступления каротиноидов : автореф. дис. / Е. В. Кирпиченко. – 2018. – С. 7 – 10.
2. Lutein production with *Chlorella sorokiniana* MB-1-M12 using novel two-stage cultivation strategies – metabolic analysis and process improvement / J.H J. N. Chen, Y. Kato, M. Matsuda et al. // Bioresour Technol. – 2020.
3. Сенченков, В. Ю. Определение и стабилизация каротиноидов, полученных микробиологическим путем: дис. ... канд. хим. наук: 04.04.01 / В. Ю. Сенченков. – Белгород, 2020. – 112 с.
4. Development of a microwave-assisted solvent extraction process for the extraction of high-value carotenoids from *Chlorella* biomass / M.K. Sarma, K. Saha, R. Choudhury [et al.] // Biofrpr. – 2021. – V. 15.
5. Production, extraction and stabilization of lutein from microalga *Chlorella sorokiniana* MB-1 / C. Y. Chen, Jesisca, C. Hsieh et al. // Bioresour Technol. – 2016.
6. Получение каротиноидных пигментов из микроводорослей *Chlorella* / А. Н. Шлыкова, А. А. Балабаев, Е. В. Трухина, Ю. Г. Базарнова // Вестник ПНИПУ. – 2020. – № 3. – С. 20 – 37.

Т. В. Петерс, студент, **М. А. Еськова**, аспирант,
М. С. Темнов, канд. техн. наук, доцент,
Д. С. Дворецкий, д-р техн. наук, профессор
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ФИКОЦИАНИНА ИЗ БИОМАССЫ ЦИАНОБАКТЕРИЙ *SPIRULINA PLATENSIS*

Аннотация. Предлагается метод получения фикоцианина при помощи ультразвукового экстрагирования дистиллированной водой с последующим осаждением методом высаливания. Фикоцианин представляет собой пигментно-белковый комплекс синего цвета, обладающий противовоспалительными, противоопухолевыми и антиоксидантными свойствами, что позволяет использовать его в различных сферах промышленности: пищевой, медицинской, косметологической и фармацевтической. В данной работе был проведен сравнительный анализ влияния ультразвукового воздействия и использования раствора сульфата аммония на выход фикоцианина. Определена массовая доля, концентрация и степень чистоты пигмента спектрофотометрическим методом до и после использования ультразвука и раствора сульфата аммония.

Ключевые слова: цианобактерии, *Spirulina platensis*, биомасса, ультразвук экстрагирование, фикоцианин.

T. V. Peters, Student, **M. A. Eskova**, Graduate Student,
M. S. Temnov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
D. S. Dvoretzky, Doctor of Technical Sciences, Professor
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

EXPERIMENTAL STUDY OF THE EXTRACTION PROCESS PHYCOCYANIN FROM THE BIOMASS OF CYANOBACTERIA *SPIRULINA PLATENSIS*

Abstract. The article proposes a method for obtaining phycocyanin by ultrasonic extraction with distilled water followed by precipitation by salting. Phycocyanin is a blue pigment-protein complex with anti-inflammatory, antitumor and antioxidant properties, which can allow it to be used in various industries: food, medical, cosmetology and pharmaceutical. In this paper, a comparative analysis of the effect of ultrasound exposure and the use of ammonium sulfate solution on the phycocyanin yield was carried out. The mass fraction, concentration and degree of purity of the pigment were determined by spectrophotometric method before and after the use of ultrasound and ammonium sulfate solution.

Keywords: cyanobacteria, *Spirulina platensis*, biomass, ultrasound extraction, phycocyanin.

Цианобактерии рода *Spirulina platensis* являются перспективным продуцентом различных ценных веществ: белков, липидов, углеводов, витаминов, антибиотиков, которые могут быть использованы для производства продуктов питания, пищевых добавок, компонентов косметики, лекарственных средств и энергоносителей. *Spirulina platensis* содержит множество полезных и биодоступных пигментов: бета-каротин, зеаксантин, хлорофилл а (хлорофилл b отсутствует), ксантофилл, эхиненон, миксооксантафил, кантаксантин, диатоксантин, 3'-гидроксиэхиненон, бетакриптоксантин и осциллаксантин, а также фикобилиптеины (ФБП) – фикоцианин (преобладающий), аллофикоцианин и фикоэритрин [1].

Фикоцианин – белок, который входит в состав фотосинтезирующих пигментных комплексов *Spirulina platensis* – фикобилисом. Фикоцианин способен гасить свободные радикалы подобно билирубину сыворотки крови, благодаря этому он является активным пищевым антиоксидантом [2]. Также пигмент подавляет развитие опухолевых клеток, ингибирует окислительный стресс клетки, предотвращает перекисное окисление липидов, повреждения ДНК, разрушение клеточных мембран и гибель клетки [3 – 5].

Целью работы являлось экспериментальное исследование процесса извлечения фикоцианина из биомассы цианобактерий *Spirulina platensis*.

Для проведения эксперимента использовалась биомасса цианобактерий *Spirulina platensis* влажностью 8%. Навески биомассы 2,5 г растворялись в 50 мл дистиллированной воды. Один образец не подвергался обработке, и являлся контролем, экстрагирование проводилось мацерацией в течение 30 мин. Для эффективного извлечения фикоцианина второй образец экстрагировали совместно с разрушением клеточных стенок ультразвуком (частота 22 кГц, мощность 60 Вт, время воздействия 10 минут). Ультразвук за счет колебаний вызывает дезинтеграцию клеточных скоплений, способствуя улучшению контакту клеток цианобактерий с экстрагентом, тем самым интенсифицирует процесс экстрагирования [7].

После обработки от биомассы клеток центрифугированием (в течение 20 мин, скорость вращения 3500 об/мин) отделялся фугат, в котором определялась массовая доля (%), концентрация пигмента (мг/мл) спектрофотометрическим методом и степень чистоты [8]. Далее образцы с экстрактом подвергались высаливанию для перевода фикоцианина в осажденную форму. Для этого использовали 80%-ный раствор сульфата аммония в соотношении 2:1 (экстракт: раствор сульфата аммония) до образования осадка фикоцианина. Продолжительность процесса осаждения составлял 3 ч при комнатной температуре 20...25 °С. Неосажденные пигменты и соль отделяли фильтрованием, затем определяли массовую долю фикоцианина в биомассе, его концентрацию в экстракте и степень чистоты, используя спектрофотометрический метод. Чистота фикоцианина является важным фактором, определяющим его применение. Степень чистоты определяется соотношением оптической плотности, измеренной при двух длинах волн A_{620}/A_{280} . Фикоцианин считается пищевым, если соотношение A_{620}/A_{280} больше или равно 0,7, класс реагента – 0,7...3,9, и аналитический класс, когда A_{620}/A_{280} больше или равно 4 [6].

Анализ экспериментальных данных (табл. 1) показал, что экстрагирование совместно с разрушением клеточных стенок ультразвуком повышает выход фикоцианина, а степень чистоты фикоцианина остается неизменной.

1. Влияние ультразвукового воздействия на выход фикоцианина

Образцы	Массовая доля, %	Концентрация фикоцианина в водном экстракте, мг/мл	Степень чистоты
1 (контроль)	2,12	2,44	0,5
2 (УЗ)	2,51	2,65	0,5

В таблице 2 представлены результаты эксперимента по осаждению фикоцианина методом высаливания сульфатом аммония.

Анализ экспериментальных данных (табл. 2) показал, что осаждение сульфатом аммония повышает выход фикоцианина в 2 раза. Степень чистоты увеличивается после фильтрования до 0,7, таким образом, пигмент можно использовать в качестве пищевой добавки. Для использования фикоцианина как аналитического класса и класса реагента необходима дополнительная очистка.

2. Выход фикоцианина после осаждения сульфатом аммония

Массовая доля фикоцианина, %	Концентрация фикоцианина в водном экстракте, мг/мл	Степень чистоты
Образец 1 (контроль)		
2,12	2,44	0,5
Образец 2 (контроль после осаждения)		
2,21	2,89	0,4
Образец 3 (УЗ)		
2,51	2,65	0,5
Образец 4 (УЗ после осаждения)		
2,86	5,25	0,7

Список источников

1. Бобылева, А. В. Перспективы использования нетрадиционного растительного сырья в производстве мучных кондитерских изделий функционального назначения / А. В. Бобылева // Евразийское научное объединение. – 2018. – № 12. – С. 63 – 67.
2. Пат. 2320195 Российская Федерация, МПК А23J3/20. Способ получения белкового препарата из цианобактерий / Мазо В. К., Гмошинский И. В. ; заявитель и патентообладатель Мазо В. К. № 2006118740/13 ; заявл. 31.05.2006 ; опубл. 27.03.2008, Бюл. № 9.
3. Effects of CD59 on antitumoral activities of phycocyanin from *Spirulina platensis* / B. Li, X. Zhang, M. Gao, X. Chu // Biomed Pharmacother. – 2005. – V. 59, No. 10. – P. 551 – 560.
4. Effect of phycocyanin extract on tumor necrosis factor – and nitrite levels in serum wice treated with endotoxim / Romay C., Delgado R., Ramirez D., et al. // Arzneim. – Forsch. – 2001. – No. 9. – P. 733 – 736.
5. Belay, A. The potential Application of *Spirulina* (*Arthrospira*) as nutritional and therapeutic supplement in health management / A. Belay, J. Amer // Nutraceutical Assoc. – 2002. – No. 2. – P. 27 – 49.
6. Fern´andez-Rojas, B. Nutraceutical properties of phycocyanin / B. Fern´andez-Rojas, J. Hern´andez-Juarez, J. Pedraza-Chaverri // Journal of Functional Foods. – 2014. – P. 375 – 392.
7. Tiwari, B. K. Ultrasound: A clean, green extraction technology / B. K. Tiwari // TrAC Trends in Analytical Chemistry. – 2015. – P. 100 – 109.
8. Геворгиз, Р. Г. Количественное определение массовой доли С-фикоцианина и аллофикоцианина в сухой биомассе *Spirulina* (*Arthrospira*) *platensis* North. Geitl. Холодная экстракция : учебно-методическое пособие / Р. Г. Геворгиз, М. В Нехорошев ; РАН, Ин-т морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского. – Севастополь : ФГБУН ИМБИ, 2017. – 21 с.

Е. Д. Таныгина¹, д-р хим. наук, профессор, **А. Ю. Таныгин²**, канд. хим. наук

¹Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина (Тамбов, Россия);

²Петер Лакке Ltd, Москва, Россия

АНТИКОРРОЗИОННЫЕ СОСТАВЫ НА ОСНОВЕ ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА

Аннотация. Изучены композиции подсолнечного масла или его отстоев с ингибиторами на поверхности стали в 0,5 М растворе NaCl, климатической камере и натурных условиях. Коррозионные испытания показали, что рафинированное масло или его свежие отстои предпочтительнее, нежели старые отходы масла для приготовления антикоррозионных составов для защиты углеродистой стали в нейтральных средах.

Ключевые слова: подсолнечное масло, ингибиторы, атмосферная коррозия.

E. D. Tanygina¹, Grand PhD in Chemistry, Professor, **A. Yu. Tanygin²**, Ph. D. in Chemistry

¹Derzhavin State University (Tambov, Russia);

²Peter Lacke Rus Ltd (Moscow, Russia)

ANTICORROSIVE COMPOSITIONS BASED ON SUNFLOWER OIL

Abstract. The compositions of sunflower oil or its residues with inhibitors were studied in 0.5 M NaCl solution, climatic chamber and the field conditions. Corrosion tests showed that the refined oil or its fresh sludge is preferable to old waste oil for the preparation of anticorrosive compositions to protect carbon steel in neutral medium.

Keywords: sunflower oil, inhibitors, atmospheric corrosion.

Введение. Экономическое развитие регионов РФ сопряжено с ростом экологических проблем, если не учитывать состояние очистных сооружений, оборудования для улавливания промышленных аэрозолей, загрязнения почв. Тенденции устойчивого развития территорий и населенных пунктов невозможны, если не заниматься утилизацией отходов предприятий. Причем отходы зачастую являются и эффективными аналогами материалов, которые традиционно используются в соответствующих отраслях хозяйства [3, 4]. Одной из проблем современности является предотвращение коррозии металлов и сплавов. Она наносит ущерб не только из-за потери металла, но и вследствие разрушения сооружений, снижения качества продукции, негативных экологических воздействий. Для обеспечения высокого химического сопротивления материалов нашли применение антикоррозионные составы, которые наносят на металлическую поверхность, а не в контактирующую с ней среду погружения. Составы содержат нефтяные масла (растворитель) и смесь ингибиторов, полученных в результате нефтехимического синтеза [2 – 4]. При этом задача снижения экологического давления на окружающую среду в процессе антикоррозионных мероприятий решается односторонне, поскольку уменьшаются только сами коррозионные потери металлов, а токсичность защитных покрытий не рассматривается. Но контакт сельскохозяйственной техники при наличии на поверхности подобных покрытий с почвой при ее возделывании может вызвать загрязне-

ние плодородного слоя поллютантами. Они способны проникать через продукты питания в организм человека. Осознание возможности подобных негативных последствий привело к идее создания антикоррозионных покрытий на основе нетоксичных растительных масел или их отстоев разной свежести. А в качестве ингибиторов предпочтительнее использовать изученные ранее смеси ПАВ, часто добавляемые в нефтяные масла [3].

Цель работы: исследование составов, содержащих талловые кислоты (ТК), амины или пушечную смазку высшего качества ПВК на базе подсолнечного масла (рафинированное (РМ), отстой масла М1 (более старый) и М2 (свежий)) Бондарского масложирзавода для защиты Ст3 от атмосферной коррозии.

Методика эксперимента. Подсолнечное масло получали из семян подсолнечника экстрагированием с помощью экстракционных бензинов [1]. При этом образуется мицелла – раствор масла в растворителе и обезжиренный твердый остаток – шрот. Из мицеллы и шрота растворитель отгоняли в дистилляторах и шнековых испарителях. Сначала избавлялись от механических примесей (отстаивание, фильтрация и центрифугирование (отстои М1 и М2)). Затем удаляли фосфатиды при обработке масла нагретой до 70 °С водой. Потом из масла извлекали свободные жирные кислоты, и оно стало «рафинированным недезодорированным» (РМ в данной работе).

Проведены коррозионные испытания в климатической камере КТВ-150, натурных условиях и 0,5 М растворе NaCl. Образцы стали Ст3 шлифовали до 6-го класса чистоты, обезжиривали ацетоном и взвешивали с точностью $\pm 5 \cdot 10^{-5}$ г. Окунанием на них наносили защитный состав при $t = 20$ °С. Образцы извлекали и оставляли на воздухе в подвешенном состоянии на 24 часа для стекания избытка пленки. Ее толщину h оценивали по формуле:

$$h = \frac{\Delta m}{\rho S} \cdot 10^4,$$

где S – площадь поверхности образца; ρ – плотность, а Δm – масса пленки.

Далее образцы Ст3 переносили в 0,5 М раствор NaCl (14 суток), климатическую камеру (30 суток) или на стенды в условиях городской атмосферы (76 суток). По завершении испытаний защитное покрытие снимали с помощью ветоши, смоченной ацетоном. Продукты коррозии с поверхности Ст3 удаляли посредством травильного раствора (18 %-ный раствор HCl с 5 г/л уротропина и 1 г/л KI). Образцы стали промывали, сушили и вновь взвешивали. Скорость коррозии K рассчитывалась по формуле:

$$K = \frac{\Delta m}{S \tau},$$

где Δm – потеря массы; S – поверхность образца; τ – время испытаний, ч.

Величину защитного действия композиции Z рассчитывали по формуле:

$$Z = (K_0 - K) / K_0,$$

где K_0 и K – соответственно скорость коррозии образцов без покрытия и с нанесенным защитным материалом.

В растворитель-основу М1, М2 или рафинированное подсолнечное масло (РМ) добавляли 1 масс. % присадки: амины (C_6-C_{12}) RNH_2 , талловые кислоты (ТК) или ПВК (Пушечная смазка высшего качества).

Экспериментальные результаты и их обсуждение. В 0,5 М растворе NaCl (табл. 1) максимальным защитным действием в отсутствие ингибиторов обладает покрытие М1 (ряд 1):

$$Z(M1) > Z(M2) > Z(PM). \quad (1)$$

Введение в РМ ингибиторов приводит к формированию ряда 2:

$$Z(PM + ПВК) > Z(PM + ТК) \approx Z(PM + RNH_2) > Z(PM), \quad (2)$$

т.е. наиболее эффективно тормозит коррозию пушечная смазка высшего качества. Такой же эффект проявляется и в других растворителях (ряды 3, 4):

$$Z(M1 + ПВК) > Z(M1) > Z(M1 + ТК), \quad (3)$$

$$Z(M2 + ПВК) > Z(M2) > Z(M2 + ТК) \approx Z(M2 + RNH_2). \quad (4)$$

1. Результаты коррозионных испытаний Ст3 в 0,5 М растворе NaCl

Состав пленки	$K \cdot 10^{-2}, \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$	$h, \text{ мкм}$	$Z, \%$
Без покрытия	5,3	—	
РМ	4,2	34	21
РМ + ТК	3,8	134	28
РМ + ПВК	3,1	55	40
РМ + RNH ₂	3,6	80	31
М1	3,0	59	43
М1 + ТК	3,2	44	38
М1 + ПВК	2,8	57	47
М2	3,3	41	37
М2 + ТК	3,7	53	29
М2 + ПВК	2,4	41	55
М2 + RNH ₂	3,8	42	27

Добавка одной и той же присадки в разные растворители выявляет влияние его природы на защитную эффективность композиции (ряды 5 – 7):

$$Z(M1 + ТК) > Z(PM + ТК) \approx Z(M2 + ТК), \quad (5)$$

$$Z(M2 + ПВК) > Z(M1 + ПВК) > Z(PM + ПВК), \quad (6)$$

$$Z(M2 + RNH_2) \approx Z(PM + RNH_2). \quad (7)$$

Таким образом, наиболее эффективен состав М2 с ПВК.

Смыв покрытий дистиллированной водой (ламинарный поток, расход 1 л, скорость 1 л/мин) моделирует влияние атмосферных осадков на адгезию защитных пленок по отношению к Ст3. При смыве покрытия происходит уменьшение Z вплоть до перехода от торможения коррозии стали к ее стимулированию в случае М2 (табл. 1, 2). При этом толщина покрытия не влияет на Z покрытий, что демонстрирует композиция РМ + ТК: при h около 130 мкм смыв покрытия уменьшает его Z практически в 10 раз (табл. 1 и 2).

2. Результаты коррозионных испытаний Ст3 в отсутствие и при наличии защитных покрытий (со смывом) в 0,5 М растворе NaCl

Состав	h , мкм	Z , %
PM	25	11,4
PM + ТК	130	2,9
PM + ПВК	46	22,8
PM + RNH ₂	79	17,1
M1	26	54,3
M1 + ТК	29	31,4
M1 + ПВК	32	0
M2	15	Стим.
M2 + ТК	30	16,7
M2 + ПВК	29	25,7
M2 + RNH ₂	19	22,8

Максимальным защитным действием обладает покрытие M1 (ряд 8):

$$Z(M1) > Z(PM) > Z(M2). \quad (8)$$

Введение в PM присадок приводит к формированию ряда 9:

$$Z(PM + ПВК) > Z(PM + RNH_2) > Z(PM) > Z(PM + ТК), \quad (9)$$

т.е. наиболее эффективно подавляет коррозию пушечная смазка высшего качества. Аналогичный эффект проявляется и с другим растворителем (ряд 11):

$$Z(M1) > Z(M1 + ТК) > Z(M1 + ПВК), \quad (10)$$

$$Z(M2 + ПВК) > Z(M2 + RNH_2) > Z(M2 + ТК) > Z(M2). \quad (11)$$

Влияние природы растворителя на Z состава показано в рядах 12 – 14:

$$Z(M1 + ТК) > Z(M2 + ТК) > Z(PM + ТК), \quad (12)$$

$$Z(M2 + ПВК) > Z(PM + ПВК) > Z(M1 + ПВК), \quad (13)$$

$$Z(M2 + RNH_2) > Z(PM + RNH_2). \quad (14)$$

В 0,5 М растворе хлорида натрия наиболее эффективен растворитель M1 в композиции с талловыми кислотами, а до смыва в этой же коррозионной среде – M2 в композиции с пушечной смазкой высшего качества.

Влияние коррозионной среды (поверхностно-активных Cl⁻-ионов) на скорость коррозии Ст3 можно оценить при сопоставлении результатов испытаний в солевом растворе и климатической камере КТВ-150 (табл. 1 и 3). При этом обнаруживается уменьшение скорости коррозии стали и рост защитного действия для всех составов, максимальный Z у M2 (ряд 15):

$$Z(M2) > Z(M1) > Z(PM). \quad (15)$$

Добавление в рафинированное масло ингибиторов приводит к ряду 16:

$$Z(PM + RNH_2) > Z(PM + ТК) > Z(PM + ПВК) > Z(PM), \quad (16)$$

$$Z (M1 + ПВК) > Z (M1) > Z (M1 + ТК). \quad (17)$$

Максимально подавляет коррозию смесь аминов (C_6-C_{12}) (ряд 18):

$$Z (M2 + RNH_2) > Z (M2) > Z (M2 + ПВК) > Z (M2 + ТК). \quad (18)$$

Оценка влияния природы растворителя на Z приведена в рядах 19 – 21:

$$Z (M2 + ТК) > Z (M1 + ТК) > Z (PM + ТК), \quad (19)$$

$$Z (M2 + ПВК) > Z (M1 + ПВК) > Z (PM + ПВК), \quad (20)$$

$$Z (PM + RNH_2) > Z (M2 + RNH_2). \quad (21)$$

3. Испытания в климатической камере КТВ-150 Ст3

Состав покрытия	$K \cdot 10^{-4}$, г/ч·м ²	Z
PM	3,83	52
PM + ТК	3,28	57
PM + ПВК	2,54	68
PM + RNH ₂	1,23	89
M (2012)	2,22	64
M1 + ТК	2,15	63
M1 + ПВК	1,51	71
M2	1,75	76
M2 + ТК	1,8	68
M2 + ПВК	1,25	74
M2 + RNH ₂	1,17	84

Испытания в климатической камере КТВ-150 показывают, что для подавления электрохимической коррозии стали предпочтителен состав PM в композиции со смесью технических аминов (C_6-C_{12}), в то время как в солевом растворе это было характерно для M2 + ПВК.

В весенне-летний период были проведены натурно стендовые испытания Ст3 под пленками защитных составов на базе подсолнечного масла с противокоррозионной присадкой ТК (табл. 4). Выбор присадки обусловлен тем, что в процессе хранения масел происходит высвобождение из триглицеридов высших карбоновых кислот. Они могли бы выступить в роли ингибиторов коррозии. Показано, что практически равная толщина защитных покрытий (табл. 4) не означает, что и величина их Z будет одинаковой. При этом в отсутствие ингибитора наиболее эффективно M2 ряд (22):

$$Z (M2) > Z (M1) > Z (PM). \quad (22)$$

Добавка в масло талловых кислот приводит к ряду (23), где наиболее эффективна композиция на базе рафинированного подсолнечного масла:

$$Z (PM + ТК) > Z (M2 + ТК) > (M1 + ТК). \quad (23)$$

4. Результаты натурно-стендовых испытаний СтЗ, защищенной составами подсолнечных масел с таловыми кислотами

Состав покрытия	h , мкм	Z_{76} суток, %
Без покрытия		-
PM	13	47,4
PM + ТК	14	90,0
M1	17	54,7
M1 + ТК	21	31,6
M2	15	79,0
M2 + ТК	18	63,2

В натурных условиях следует выбрать состав PM или M2 с ТК. Хранение отстоев подсолнечного масла сопровождается накоплением веществ – антагонистов таловых кислот, это снижает Z составов на базе M1. Свежие отстои и PM пригодны как растворитель-основа композиций для защиты стали от атмосферной коррозии.

Работа поддержана Министерством науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проекта по соглашению № 075-15-2021-709 (уникальный идентификатор проекта RF----2296.61321X0037).

Список источников

1. Белобородов, В. В. Основные процессы производства растительных масел / В. В. Белобородов. – М. : 1984. – 196 с.
2. Разработка консервационных материалов на основе отработанных масел / В. Д. Прохоренков, В. В. Остриков, Л. Г. Князева, И. Ю. Чернышева // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2002. – № 10. – С. 38 – 40.
3. Таныгин, А. Ю. Защита стали от атмосферной коррозии составами на базе низкоэрукового рапсового масла и продуктов его рафинирования : дис. ... канд. хим. наук / А. Ю. Таныгин ; Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов, 2009. – 163 с.
4. Таныгина, Е. Д. Влияние природы и состава ингибированного углеводородного растворителя на полифункциональные свойства защитных покрытий: дис. ... д-ра хим. наук / Е. Д. Таныгина ; Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов, 2012. – 381 с.

5. ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ, РОБОТОТЕХНИКА, БПЛА И СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ, КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ

УДК 004.9

ББК 20.1

А. А. Алексеева, канд. техн. наук, доцент, **А. Р. Касимова**, ст. преподаватель
Казанский национальный исследовательский технологический университет (Казань, Россия)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ В ЦЕЛЯХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Аннотация. Представлены перспективы использования цифровых двойников промышленных предприятий и эффекты внедрения для окружающей среды. Показаны этапы создания цифрового двойника и реализованные примеры внедрения.

Ключевые слова: цифровой двойник предприятия, окружающая среда.

A. A. Alekseeva, Ph. D., Associate Professor, **A. R. Kasimova**, Art. Teacher
Kazan National Research Technological University (Kazan, Russia)

Abstract. The prospects for the use of digital twins of industrial enterprises and the effects of implementation on the environment are presented. It shows the stages of creating a digital twin and implemented examples of implementation.

Keywords: enterprise digital twin, environment.

Развитие промышленности и сохранение окружающей среды являются важными аспектами современного общественного развития. Промышленность играет важную роль в экономическом росте и имеет важное значение для окружающей среды и природных ресурсов, что может привести к негативным последствиям для биологического разнообразия, климата и здоровья человека.

Исторически промышленность сосредотачивается на максимизации прибыли, внимание к экологическим последствиям деятельности не всегда уделяется в должном объеме. Однако с усилением экологического законодательства, введением социальной и экологической ответственности предприятий экологические вопросы, в особенности вопросы ресурсо- и энергосбережения стали играть все более важную роль в промышленном развитии. Сегодня промышленные предприятия все больше внедряются в экологическую инфраструктуру, интегрируя экологическую среду в свои бизнес-модели и процессы [1].

Сегодня на рынке существует множество экологически чистых технологий, которые позволяют значительно снизить выбросы вредных веществ в атмосферу и водоемы. Эти технологии используют более безопасные и эффективные способы производства, что минимизирует количество отходов и выбросов. Тем не менее каждое изменение технологического

процесса, производство новой продукции, увеличение производственных мощностей будет неизбежно сопровождаться увеличением нагрузки на окружающую среду (ОС).

Прогнозирование воздействия на ОС в зависимости от изменения технологических параметров производства, последующие оперативные расчет и выбор наиболее оптимальных сценариев модернизации производства с учетом технологических, экологических и экономических параметров является актуальной задачей, которую можно решить с помощью цифрового двойника предприятия.

Цифровой двойник (Digital Twin) – это технологический концепт, представляющий собой физическое представление реального объекта, системы или процесса.

Основная идея заключается в том, что двойная закономерность составляет основу рассмотрения объекта, которая может быть использована для мониторинга, анализа и оценки его работы. Цифровой двойник может наблюдать в себе данные объекта о состоянии, его сенсорных параметрах, окружающих средах, а также другие важные параметры, которые позволяют точно отобразить его функциональность и поведение [2].

Концепция цифровых двойников предполагает воссоздание реальной физической системы (системы производства, ИС) в качестве модели цифрового киберпространства. Четвертая промышленная революция использует Интернет вещей (IoT) и облачные вычисления для обеспечения интерфейса в реальном времени между виртуальным и физическим мирами [3].

Цифровой двойник промышленного предприятия позволяет проводить виртуальное тестирование и оптимизацию процессов производства, предсказывать и анализировать эффективность и надежность системы, а также оптимизировать использование ресурсов и планирование обслуживания оборудования. Он может быть использован для оптимизации рабочих процессов, сокращения времени простоя и улучшения качества продукции [4, 5].

Внедрение на предприятии цифрового двойника позволит получать информацию о негативном воздействии на ОС изменения технологических параметров процесса, при этом внедрение искусственного интеллекта позволит предложить возможные варианты модернизации производства с минимальным воздействием на ОС и максимальной экономической эффективностью.

Внедрение цифрового двойника на промышленное предприятие требует серьезных затрат и выполнения нескольких шагов.

1. Определение конкретных целей и задач, которые необходимо достичь с помощью цифрового двойника. Например, это может быть повышение эффективности производства при условии сохранения экологической безопасности или оптимизация использования ресурсов.

2. Сбор данных, которые требуются для создания цифрового двойника: данные сенсоров, IoT-устройств, систем управления производством, технологических параметров, концентрации загрязняющих веществ в отходящих газах, сточных водах и д.т.

3. Создание модели с помощью собранных данных, разработка виртуальной модели, отражающей физические и функциональные характеристики предприятия, в том числе моделирование оборудования, производственных процессов и других аспектов предприятия.

4. Интеграция данных и аналитика из различных источников в цифровой двойник и применение аналитических методов для анализа и оптимизации работы предприятия. Это

может включать прогнозирование, диагностику состояния, оптимизацию производственных процессов и другие аналитические задачи.

5. Взаимодействие и управление: пользовательский интерфейс или панель управления, которые позволят персоналу предприятия взаимодействовать с цифровым двойником, отслеживать состояние объектов и принимать решения на основе полученной информации.

6. Постепенное внедрение и обучение, начиная с небольших областей или процессов предприятия.

7. Постоянное развитие и оптимизация. После внедрения цифрового двойника необходимо развивать его и совершенствовать, учитывая новые данные и требования к экологической эффективности.

На основании данных, которые могут быть получены из различных источников можно сформировать модель сбора и обработки данных цифровым двойником, которая представлена на рис. 2. Помимо данных, представленных на рис. 1, также могут включаться данные с камер наружного наблюдения, а также данные из открытых источников, позволяющих обогатить модели интеллектуального анализа данных.

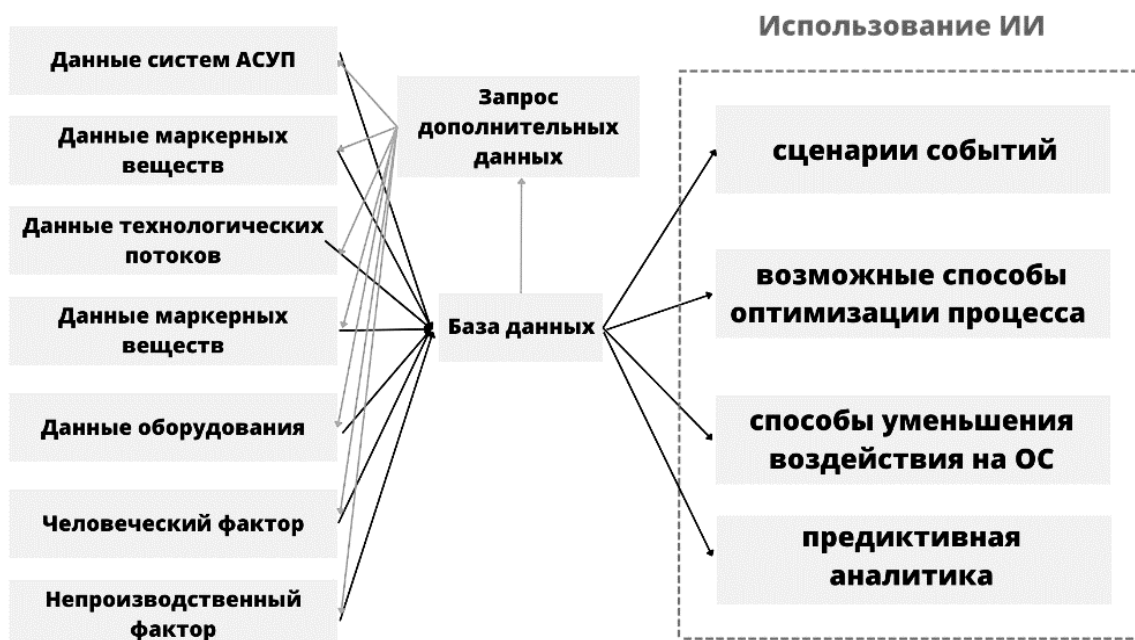


Рис. 1. Модель сбора и обработки информации цифрового двойника промышленного предприятия

Для каждого предприятия 1 и 2 категории в соответствии с НДТ существуют маркерные вещества. В целях защиты ОС необходим обязательный мониторинг и контроль выбросов, сборов маркерных веществ. Помимо маркерных веществ необходим мониторинг и контроль технологических параметров каждого процесса, потока, оборудования, а также информация о воздействии на технологический процесс человеческих и непроизводственных факторов, таких как погода, ошибка персонала при управлении техпроцессом. В соответствии с информационно-техническими справочниками (ИТС), необходимо проводить оптимизацию процессов водопотребления, системы обращения с отходами, мониторинг выбросов маркерных загрязняющих веществ в воздухе в соответствии с установленными требованиям [6].

Внедрение цифрового двойника на предприятии позволит непрерывно отслеживать рабочие параметры и эмиссии предприятия, такие как выбросы вредных веществ, расход энергии и использование ресурсов, что поможет выявлять потенциальные проблемы и предотвращать экологические нарушения. Операторы могут анализировать данные и принимать меры для снижения выбросов и оптимизации использования ресурсов, в результате улучшая экологическую безопасность предприятия.

Внедрение цифрового двойника предприятия процесс длительный и дорогостоящий, однако необходимо понимать, что это долгосрочная стратегическая инвестиция, которая позволит минимизировать ресурсо- и энергопотребление. Уже сейчас есть примеры, когда в промышленных предприятиях наблюдается положительный эффект для охраны окружающей среды от внедрения цифровых двойников. Компания Siemens внедрила цифровой двойник на нескольких предприятиях для уменьшения энергопотребления, а компания General Electric применила цифровые двойники на своих предприятиях для улучшения процессов производства и оптимизировала использование энергии.

Из российского опыта можно выделить Кольскую ГМК (входит в группу «Норникель»), где завершен первый этап работы по созданию инженерно-цифровой модели производства: все здания и местность промышленной площадки компании переведены в 3D-модель [7].

Одним из первых в России КОС «Тонкий мыс» в Геленджике планируют создать первый в России цифровой двойник очистных сооружений [8].

Цифровые двойники (Digital Twins) стали важным инструментом для экологического производства, так как они позволяют компаниям точно моделировать и анализировать свои экологические показатели без необходимости проводить реальные эксперименты.

Список источников

1. Отчет о промышленном развитии – 2018 : сайт. – URL : <https://www.unido.org/sites/default/files/unido-publications/2023-03/IDR-2018-OVERVIEW-ru.pdf> (дата обращения: 22.05.2023).
2. Цифровые двойники: почему все о них говорят и всем ли они нужны? : сайт. – URL : <https://habr.com/ru/companies/skillfactory/articles/526970/> (дата обращения: 22.05.2023).
3. Касимова, А. Р. Использование цифровых двойников при построении системы безопасности предприятия / А. Р. Касимова, Л. Х. Сафиуллина // Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK – 2022 : сб. материалов / сост. : Р. Ш. Ахмадиева, Р. Н. Минниханов ; под общ. ред. член-корр. Академии наук Республики Татарстан, д-ра техн. наук, проф. Р. Н. Минниханова. – Казань : ГБУ «НЦБЖД», 2022. – Ч. 1. – 291 – 298 с.
4. Что такое цифровой двойник в производстве? : сайт. – URL : <https://braincube.com/resource/what-is-a-digital-twin-manufacturing/> (дата обращения: 22.05.2023).
5. Гусев, А. В. Применение цифровых двойников для решения задач экологической безопасности / А. В. Гусев // Столыпинский вестник. – 2022. – Т. 4, № 6. – С. 3377 – 3382.
6. Об утверждении комплекса мер, направленных на отказ от использования устаревших и неэффективных технологий : распоряжение Правительства Российской Федерации от 19 марта 2014 г. № 398-р (ред. от 29.08.2015).
7. В Кольской ГМК создают цифровой двойник производства : сайт. – URL : <https://www.nornickel.ru/news-and-media/press-releases-and-news/v-kolskoy-gmk-sozdayut-tsifrovoy-dvoynik-proizvodstva/type=news> (дата обращения: 22.05.2023).

8. Первый в России цифровой двойник очистных сооружений: от проектной модели строительства до эксплуатационной : сайт. – URL : <https://digital-build.ru/pervyj-v-rossii-czifrovoj-dvojniki-ochistnyh-sooruzhenij-ot-proektnoj-modeli-stroitelstva-do-ekspluataczionnoj/> (дата обращения: 22.05.2023).

References

1. Industrial Development Report – 2018: website. – URL : <https://www.unido.org/sites/default/files/unido-publications/2023-03/IDR-2018-OVERVIEW-en.pdf> (Accessed: 05/22/2023)
2. Digital twins: why is everyone talking about them and does everyone need them? : website. – URL : <https://habr.com/ru/companies/skillfactory/articles/526970/> (date of access: 05/22/2023).
3. What is a digital twin in production? : website. – URL : <https://braincube.com/resource/what-is-a-digital-twin-manufacturing/> (Accessed: 05/22/2023).
4. Kasimova A. R., Safiullina L. Kh. Use of digital twins in building the security system of the enterprise// International Forum KAZAN DIGITAL WEEK – 2022: collection of materials / Comp.: R. Sh. Akhmadiev, R. N. Minnikhanov ; Under the general editorship. corresponding member Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Dr. tech. sciences, prof. R. N. Minnikhanov. – Kazan : State Budgetary Institution “NTSBZhD”, 2022. – Part 1. – 291 – 298 p.
5. Gusev, A. V. The use of digital twins for solving problems of environmental safety // Stolypinskiy Vestnik. – 2022. – V. 4, No. 6. – P. 3377 – 3382.
6. Decree of the Government of the Russian Federation dated March 19, 2014 No. 398-r (as amended on August 29, 2015) “On approval of a set of measures aimed at refusing to use obsolete and inefficient technologies”.

В. К. Новиков¹, д-р техн. наук, профессор, **В. В. Алферов¹**, ст. преподаватель,
Д. С. Мизгирев², д-р техн. наук, доцент

¹Российский университет транспорта (МИИТ) (Москва, Россия);

²Волжский государственный университет водного транспорта (Нижний Новгород, Россия)

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВАЛКИ НАВАЛОЧНЫХ ГРУЗОВ В РЕЧНОМ ПОРТУ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. Изложены научно-методические основы повышения экологической безопасности перевалки навалочных грузов и предложены возможные направления по снижению негативного влияния перевалочного процесса на окружающую среду с применением цифровых технологий.

Ключевые слова: порт, перевалка груза, навалочный груз, загрязнение, окружающая среда, безопасность, цифровые технологии.

V. K. Novikov¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, **V. V. Alferov¹**, Art. Teacher,
D. S. Mizgirev², Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

¹Russian University of Transport (MIIT) (Moscow, Russia);

²Volga State University of Water Transport (Nizhny Novgorod, Russia)

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF PROFESSIONAL DEVELOPMENT ENVIRONMENTAL SAFETY OF BULK CARGO HANDLING IN A RIVER PORT USING DIGITAL TECHNOLOGIES

Abstract. The scientific and methodological foundations for improving the environmental safety of bulk cargo transshipment are outlined and possible directions for reducing the negative impact of the transshipment process on the environment using digital technologies are proposed.

Keywords: port, cargo transshipment, bulk cargo, pollution, environment, safety, digital technologies.

В настоящее время вопросы экологической безопасности (ЭБ) в общем контексте человеческой деятельности, безусловно, являются важной и актуальной проблемой для исследования. Одной из областей, которая требует особого внимания с точки зрения обеспечения ЭБ, и, в целом, к вопросам экологии, является перевалка навалочных грузов (НГ) в речных портах. Проведенными исследованиями показано, что перевалочный процесс грузов, особенно НГ, является источником загрязнения всех компонентов окружающей среды (ОС), ухудшения экологической обстановки как на территории порта, так и на прилегающей к нему территории и акватории [1, 2].

Целью настоящей статьи является разработка научно-методических основ применения цифровых технологий (ЦТ) для повышения ЭБ при перевалке НГ в речном порту.

Цифровые технологии позволяют обеспечить сбор, хранение, обработку, поиск, передачу и представление данных в цифровом виде. Одним из важных направлений использова-

ния ЦТ является повышение ЭБ при перевалке НГ в речном порту. Это связано с тем, что создание, внедрение и применение автоматизированных систем управления обработкой грузов в речном порту, позволяет контролировать и оптимизировать весь процесс перевалки НГ, позволяя снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций и негативное влияние на различные компоненты ОС.

Негативное влияние перевалочного процесса НГ приводит к загрязнению:

- водной среды в результате попадания в нее перегружаемых НГ, что оказывает серьезное пагубное влияние на экологическую систему акватории порта и ее обитателей;
- атмосферного воздуха пылью, образующейся при перевалке НГ, что приводит, например, к серьезным заболеваниям дыхательных путей обслуживающего персонала порта и наслоения близлежащих территорий;
- земли и находящихся на ней объектах пылевидной массой, образующейся при перевалочных работах НГ и разносимой ветром, приводящей к негативным последствиям для обитателей земли.

Другим важным направлением использования ЦТ в области повышения ЭБ при перевалке НГ в речном порту является использование цифровых средств мониторинга, с помощью которых можно производить слежение и контроль за состоянием ОС в реальном масштабе времени и, при необходимости, принимать требуемые меры по ее защите.

Перевалка НГ с участием водного транспорта в большинстве случаев (свыше 90%) связана с размещением НГ на открытом складе, в связи с чем, еще одной важной областью применения ЦТ для повышения ЭБ является оптимизация процессов складирования. В этом случае ЦТ могут быть использованы для улучшения управления процессами грузовой обработки, что, в свою очередь, позволяет снизить вредное воздействие на ОС.

Следует отметить, что ключевыми областями использования ЦТ для повышения ЭБ при перевалке НГ в речном порту являются ряд возможных относительно самостоятельных направлений.

Первое направление – автоматизация процессов перевалки НГ. Для этого можно использовать автоматизированные системы управления, которые контролируют и оптимизируют процесс перевалки НГ. Это позволяет снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций, уменьшить время перевалки и снизить затраты на электроэнергию. Кроме того, автоматизированные системы управления позволяют снизить вредное воздействие на ОС, поскольку они могут контролировать выбросы вредных веществ и снижать их уровень.

Второе направление – использование цифровых средств мониторинга. С их помощью можно производить оперативное слежение и контроль за состоянием ОС в реальном времени и принимать необходимые меры по ее защите. Например, можно использовать датчики для мониторинга качества воздуха и воды, что позволит оперативно реагировать на возможные проблемы и принимать меры по защите ОС.

Третье направление – оптимизация процессов складирования и перевозки. ЦТ могут быть использованы для улучшения управления логистическими процессами хранения и перевозки НГ, что, в свою очередь, поможет снизить вредное воздействие на ОС. Например, можно использовать системы управления запасами, которые помогают оптимизировать запасы и сократить количество необходимых транспортных средств. Это позволит снизить выбросы вредных веществ и уменьшит затраты на топливо.

Четвертое направление – обучение персонала, задействованного в перевалочном процессе. С помощью ЦТ можно создавать тренажеры, которые помогут обучить персонал правильным методам работы с НГ и обеспечить безопасность при их перевалке. Это позволит снизить количество ошибок и аварийных ситуаций, связанных во-многом с влиянием человеческого фактора, и повысить ЭБ.

Несмотря на неоспоримые преимущества от внедрения ЦТ для повышения ЭБ при перевалке НГ, их внедрение, безусловно, требует значительных капитальных вложений, связанных с приобретением технических и программных средств, что может быть очень часто недоступным финансовым порогом для инвестиций для речных портов. Однако, их внедрение дает важный эффект с точки зрения повышения ЭБ. Оценка эффективности применения ЦТ для обеспечения ЭБ при перевалке НГ может быть определена как отношение полученных результатов от применения ЦТ для обеспечения ЭБ к затратам на внедрение необходимых ЦТ. При этом срок окупаемости капитальных вложений является обратной величиной к коэффициенту экономической эффективности. Он позволяет определить, через какое время окупятся все вложения в ЦТ.

В результате проведенных исследований, показано, что повышение ЭБ при перевалке НГ в речном порту может быть достигнуто на основе применения ЦТ, позволяющих обеспечить сбор, хранение, обработку, поиск, передачу и представление данных в цифровом виде. Ключевыми областями использования ЦТ для повышения ЭБ при перевалке НГ в речном порту являются: автоматизация процессов перевалки НГ; использование цифровых средств мониторинга; оптимизация процессов складирования и перевозки; обучение персонала, задействованного в перевалочном процессе НГ.

Список источников

1. Мероприятия по улучшению экологической обстановки в ходе портовых перегрузочных работ на основе применения организационно-распорядительного метода менеджмента / В. К. Новиков, С. В. Новиков, Н. Б. Махова, Е. Е. Калашников // Научный журнал инновационная экономика и современный менеджмент. – 2023. – № 1(43). – С. 8 – 10.
2. Дрон начали использовать для экологического мониторинга акватории порта Владивосток. – URL : <https://www.interfax-russia.ru/far-east/news/dron-nachali-ispolzovat-dlya-ekologicheskogo-monitoringa-akvatorii-porta-vladivostok> (дата обращения: 08.06.2023).

References

1. Novikov V. K., Novikov S. V., Makhova N. B., Kalashnikov E. E. Measures to improve the environmental situation during port transshipment operations based on the application of organizational and administrative management method // Scientific Journal Innovative Economics and Modern Management. – 2023. – No. 1(43). – P. 8 – 10.
2. Drone started use for environmental monitoring of the water area of the port of Vladivostok. – URL : <https://www.interfax-russia.ru/far-east/news/dron-nachali-ispolzovat-dlya-ekologicheskogo-monitoringa-akvatorii-porta-vladivostok> (accessed: 06/08/2023).

О. А. Греков, канд. воен. наук, доцент

Российский государственный аграрный заочный университет (Балашиха, Россия)

ВНЕДРЕНИЕ НОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И СОВРЕМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНЫМИ РЕСУРСАМИ РЕГИОНОВ

Аннотация. Стратегия цифровой трансформации природопользования предполагает внедрение современных технических средств получения и новых информационных технологий обработки данных о состоянии экосистем.

Ключевые слова: аэрокосмические платформы, ГИС-технологии.

O. A. Grekov, Ph. D. Military Sciences, Associate Professor

Russian State Agrarian Correspondence University (Balashikha, Russia)

THE INTRODUCTION OF NEW INFORMATION TECHNOLOGIES AND MODERN EQUIPMENT INTO THE NATURAL RESOURCE MANAGEMENT SYSTEMS OF THE REGIONS

Abstract. Strategy of digital transformation of environmental management involves the introduction of modern technical means of obtaining and new information technologies for processing data on the state of ecosystems.

Keywords: aerospace platforms, GIS technologies.

Утвержденная стратегия цифровой трансформации экономики предполагает разработку и создание общей структуры информационного пространства экологии и природопользования как составного элемента. Реализация этой стратегии требует внедрения комплексной информационной системы мониторинга окружающей среды. Она должна базироваться на применении современных технических средствах получения первичной информации об элементах ландшафта и новых информационных технологиях ее обработки и представления в требуемом виде (текстовом, визуальном, мультимедийном).

В данной статье будут рассмотрены способы получения информации о состоянии таких природных ресурсов, как растительные группировки и группировки диких животных, прежде всего охотничьих видов.

Современные технические средства получения информации о состоянии элементов экосистем позволяют определять с достаточно большой точностью их конфигурацию и местоположение. Результирующая информация характеризуется высокой степенью достоверности и адекватностью о видовом и численном составе растительных группировок и охотничьих ресурсов.

Такие технические средства могут располагаться на стационарных (наземных и морских) и подвижных платформах (наземных, морских, авиационных, космических) и получать необходимые данные в разных участках электромагнитного диапазона.

Существующие авиационные и космические платформы с установленным на них оборудованием позволяют охватывать значительные площади земной поверхности и получать необходимую информацию о состоянии ландшафтов. На основе использования цифровых телекоммуникационных каналов данные могут поступать потребителям в режиме реального времени. Совокупность технологий аэрокосмического исследования земной поверхности и получения данных о состоянии экосистем, в том числе растительных и животных группировок, относится к дистанционному зондированию Земли (ДЗЗ) (Воробьева, 2012), а необходимые данные могут быть получены с использованием различных технических средств (рис. 1) (Греков, 2018).

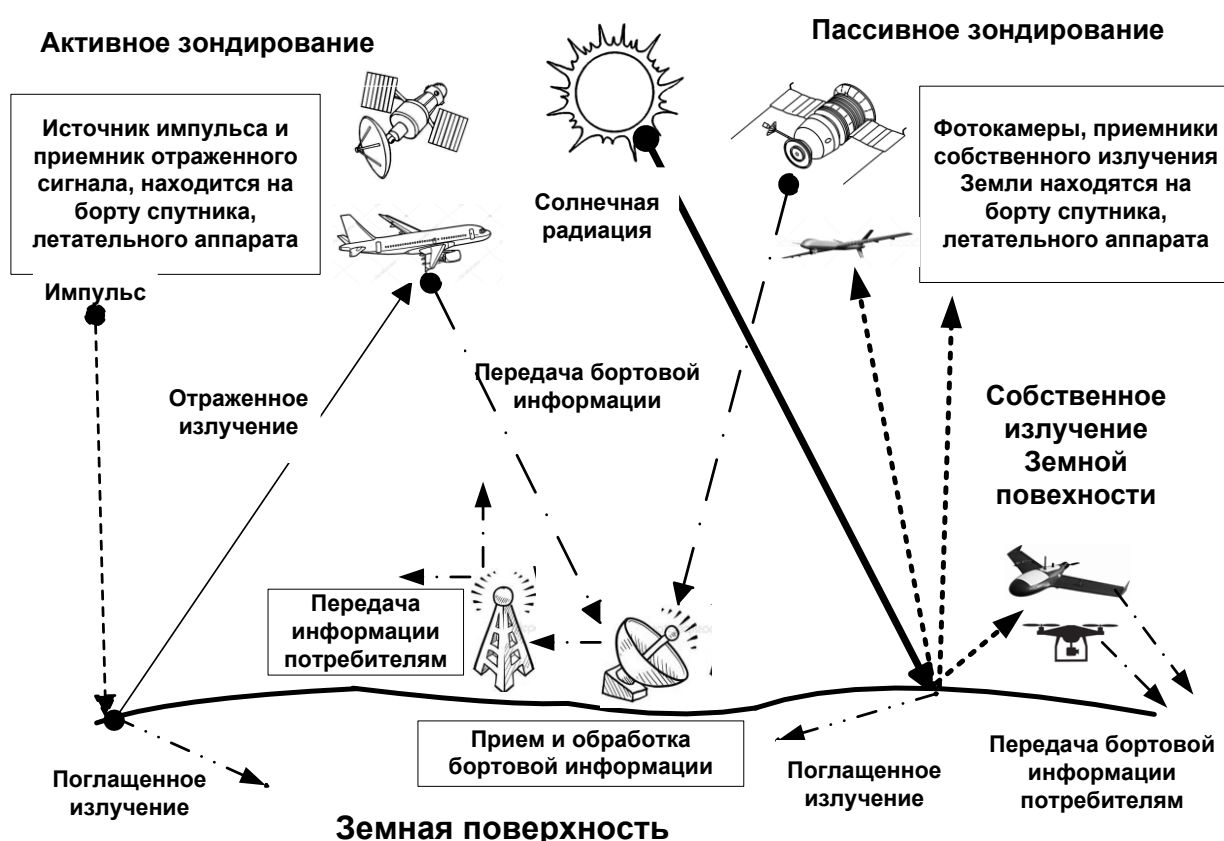


Рис. 1. Схема дистанционного зондирования земной поверхности

В состав бортовых комплексов мониторинга аэрокосмических платформ включены современные пассивные и активные средства получения информации об элементах, находящихся на подстилающей поверхности: фото, видео, тепловизионные устройства, системы воздушного лазерного сканирования.

Полученные данные отображаются на электронных картах местности. Для достоверного обнаружения диких животных одновременно проводится съемка в видимом и инфракрасном диапазонах. Для определения состояния растительных группировок применяются современные системы мультиспектральной и гиперспектральной съемки. Применение современных информационных технологий позволяет получать данные в цифровом виде, преобразовывать их, а результирующую информацию отображать на электронных картах. Геоинформационные технологии позволяют строить и 3D-модели ландшафтов. При использовании ГИС информа-

ция представляется в электронной картографической форме с текстовыми пояснениями, графиками, диаграммами и мультимедийными вставками. Реализация ГИС технологий повышает наглядность и восприятие как интегрированной информации, так и при необходимости тематической (послойной) информации. А это значительно облегчает выбор варианта управленческого решения по использованию природных ресурсов (Греков, 2017).

Мультиспектральная съемка ведется одновременно в участках видимого и ближнего инфракрасного спектра, что позволяет получать изображение местности в цветовой гамме, по которой можно оценивать степень созревания растений и другие физические процессы, проходящие у растений.

Гиперспектральная съемка – это метод сбора и обработки информации из различных участков электромагнитного спектра. Каждый вид растений имеет свою специфическую спектральную характеристику, по которой его можно идентифицировать. Гиперспектральное изображение – это трехмерный массив данных, который включает в себя пространственную информацию об участках определенного вида растительности, дополненную спектральной информацией по каждому виду растительности.

Гиперспектральные модели позволяют решать комплекс задач по управлению ресурсами растительных группировок и оценке поэтапного созревания растений, прежде всего злаковых культур, выявление рисков повреждения и гибели растений по причине заражения паразитами и формировать картографирование зоны поражения (Ембаев, 2009).

Таким образом, современные аэрокосмические средства, оборудованные бортовыми комплексами мониторинга состояния природных ресурсов, позволяют оперативно получать достоверную информацию об их местоположении и состоянии. На основе реализации цифровых технологий эта информация своевременно доводится потребителям, обрабатывается в минимальное время, а результаты представляются в удобной для пользователя форме. Сетевые технологии позволяют установить цифровые связи между смежными ГИС и построить единую цифровую платформу управления природными ресурсами и обеспечить доступ к информации на разных уровнях ее использования.

Список источников

1. Воробьева, А. А. Дистанционное зондирование земли : учеб.-метод. пособие / А. А. Воробьева. – СПб. : СПбУ ИТМО, 2012.
2. Греков, О. А. Мониторинг среды обитания охотничьих животных с использованием современных космических и авиационных систем / О. А. Греков // Информация и Космос. – 2018. – № 2. – С. 126 – 132.
3. Савин, В. В. Влияние лося и косули на сохранность лесных культур сосны и ели / В. В. Савин // Аграрный вестник Урала. – 2017. – № 9(163). – С. 50 – 55.
4. Греков, О. А. Предложения по структуре геоинформационной системы мониторинга охотничьих ресурсов. Статья / О. А. Греков // Информация и Космос. – 2017. – № 3. – С. 135 – 142.
5. Ембаев, И. А. Инвентаризация охотничьих угодий порезультатам классификации мультиспектральных изображений / И. А. Ембаев // Геоматика. – 2009. – № 3. – С. 33 – 39.

Д. Ю. Гусев, студент, **А. А. Рыбанов**, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой
Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ (Волжский, Россия)

РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РЕЛЯЦИОННЫХ БАЗ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ НЕЧЕТКИХ ЗАПРОСОВ

Аннотация. Доклад исследует возможности нечетких запросов к реляционным базам данных, представляя методы и алгоритмы для работы с нечеткой информацией.

Ключевые слова: нечеткие запросы, реляционные базы данных, нечеткое моделирование, эффективность, точность.

D. Yu. Gusev, Student, **A. A. Rybanov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Volga Polytechnic Institute (Branch) VolgSTU (Volzhsky, Russia)

EXPANDING THE CAPABILITIES OF RELATIONAL DATABASES WITH FUZZY QUERIES

Abstract. Reporting the values of fuzzy inputs to relational databases, predetermining parameters and algorithms for working with fuzzy information.

Keywords: fuzzy queries, relational databases, fuzzy modeling, efficiency, accuracy.

Введение. Реляционные базы данных (РБД) играют важную роль в современных информационных системах, обеспечивая эффективное хранение, управление и доступ к структурированным данным. Однако, классические реляционные модели имеют ограничения при работе с нечеткой информацией и неопределенностью, которые не всегда можно точно описать и классифицировать. В связи с этим возникает необходимость в расширении возможностей реляционных баз данных для обработки таких данных.

В последние десятилетия наблюдается растущий интерес к нечеткому моделированию, которое позволяет работать с нечеткой информацией, где объекты могут иметь различные степени принадлежности к классам или категориям. Нечеткое моделирование стало особенно актуальным в ситуациях, когда точные данные недоступны или сложно определить. Оно позволяет учесть неопределенность и размытость в данных, открывая новые возможности для анализа и принятия решений.

Однако, применение нечеткого моделирования к реляционным базам данных требует разработки специальных методов и инструментов. В частности, необходимо разработать нечеткие запросы, которые позволят выражать нечеткие условия и предпочтения при поиске данных. Нечеткие запросы позволяют искать записи, удовлетворяющие нечетким критериям, в отличие от классических реляционных запросов, которые оперируют точными значениями.

Целью данного доклада является рассмотрение применения нечетких запросов к реляционным базам данных и их роль в учете неопределенности. Мы исследуем основные принципы нечеткого моделирования, методы и алгоритмы для выполнения нечетких запросов, а также выявим преимущества и ограничения использования такого подхода. Понимание возможностей и ограничений нечетких запросов позволит нам эффективно работать

с нечеткой информацией в реляционных базах данных, расширяя их функциональность и повышая точность и гибкость анализа данных.

1. Нечеткое моделирование. Нечеткое моделирование позволяет работать с нечеткой информацией, учитывая размытость и неопределенность данных. Оно использует нечеткие множества и функции принадлежности для определения степени принадлежности объектов к классам. В нечетком моделировании применяется нечеткая логика, позволяющая оперировать с нечеткими значениями и выполнять логические операции над ними, такие как объединение, пересечение и дополнение.

Нечеткое моделирование широко используется в искусственном интеллекте, системах управления, прогнозировании и принятии решений. В реляционных базах данных оно позволяет учитывать неопределенность и размытость при поиске, фильтрации и классификации данных. Нечеткие запросы выражают нечеткие условия поиска и учитывают предпочтения пользователей, а также ранжируют результаты по степени соответствия запросу.

Применение нечеткого моделирования в реляционных базах данных имеет ограничения, такие как потребность в дополнительных вычислительных ресурсах и сложность выбора алгоритмов выполнения нечетких запросов. Однако, его преимущества включают учет неопределенности и размытости данных, что особенно полезно в ситуациях, где точные значения сложно определить. Нечеткое моделирование открывает новые возможности для анализа данных, улучшения поиска и адаптации систем к потребностям пользователей.

Дальнейшее исследование и развитие нечеткого моделирования в реляционных базах данных должны уделить внимание разработке более эффективных алгоритмов выполнения нечетких запросов, улучшению интерфейсов и инструментов для работы с нечеткими данными, а также комбинированию нечеткого моделирования с другими методами анализа данных. Это позволит расширить границы применения реляционных баз данных и повысить качество анализа и принятия решений в условиях неопределенности.

2. Применение нечетких запросов к реляционным базам данных. Нечеткие запросы к реляционным базам данных позволяют учитывать неопределенность и размытость в данных при поиске информации. В отличие от точных запросов, нечеткие запросы оперируют различными степенями совпадения или близости. Примером такого запроса может быть поиск продуктов с высокой степенью принадлежности к категории «электроника». При выполнении нечеткого запроса база данных использует функции принадлежности для определения степени принадлежности каждой записи. Нечеткие запросы позволяют найти записи, которые наилучшим образом соответствуют заданному критерию, учитывая различные уровни совпадения или близости. Это обеспечивает более гибкий и точный поиск данных в реляционных базах данных, особенно в ситуациях, где точные значения неизвестны или сложно определить.

3. Методы и алгоритмы для выполнения нечетких запросов. Методы и алгоритмы для выполнения нечетких запросов в реляционных базах данных предоставляют инструменты для обработки нечеткой информации и поиска записей, соответствующих нечетким критериям. В работе исследуются различные подходы к выполнению нечетких запросов, включая следующие методы:

1. Нечеткий поиск по ключевым словам: этот метод позволяет выполнить поиск записей, соответствующих нечеткому ключевому слову или фразе. Он использует функции принадлежности для оценки степени совпадения между ключевыми словами и значениями

в базе данных. Результаты поиска ранжируются по степени соответствия и представляются пользователю.

2. Нечеткое сравнение числовых значений: в некоторых случаях требуется выполнить нечеткое сравнение числовых значений, учитывая их размытость или неопределенность. Например, можно сравнивать числа с использованием отношений «больше», «меньше» или «равно» с учетом различных уровней совпадения или близости.

3. Нечеткая логика для сложных запросов: Нечеткая логика позволяет формулировать сложные запросы, которые учитывают нечеткую информацию и предпочтения пользователей. Это может включать комбинацию нескольких нечетких условий с использованием операций объединения (логическое ИЛИ), пересечения (логическое И) и дополнения (логическое НЕ). Такой подход позволяет учесть различные факторы при выполнении нечеткого запроса.

4. Использование нечетких множеств и правил: для выполнения нечетких запросов могут применяться нечеткие множества и правила. Нечеткие множества позволяют описать нечеткую природу данных и условий запроса, а нечеткие правила определяют логические связи между нечеткими множествами. Это позволяет более гибко и точно формулировать запросы и получать соответствующие результаты.

В работе анализируется эффективность и точность каждого из этих методов и алгоритмов для выполнения нечетких запросов. Оценивается их способность учесть неопределенность и размытость в данных, а также возможность представления и ранжирования результатов по степени соответствия нечеткому запросу.

Кроме того, исследуются возможности комбинирования нечетких запросов с другими методами и алгоритмами анализа данных, такими как машинное обучение или статистические методы. Это позволяет расширить возможности обработки нечеткой информации и повысить качество анализа данных в реляционных базах данных.

4. Преимущества и ограничения. Применение нечетких запросов к реляционным базам данных имеет ряд преимуществ, но также сопряжено с некоторыми ограничениями. Преимущества нечетких запросов к реляционным базам данных:

1. Гибкость в работе с нечеткой информацией, учет неопределенности и размытости данных.

2. Учет предпочтений пользователей и формулировка запросов с учетом нечетких критериев.

3. Расширение возможностей анализа данных для выявления скрытых зависимостей и тенденций.

Ограничения нечетких запросов:

1. Вычислительная сложность, требующая дополнительных ресурсов и времени выполнения.

2. Сложность выбора подходящих алгоритмов и методов для конкретного контекста и типа данных.

3. Потеря точности по сравнению с точными запросами.

4. Несовместимость с некоторыми операциями в реляционных базах данных.

5. Ситуации неоднозначности и сложности интерпретации результатов.

Нечеткие запросы предоставляют гибкий и мощный инструмент для работы с нечеткой информацией в реляционных базах данных, но их использование требует учета вычислительной сложности, выбора подходящих методов и алгоритмов, а также понимания ограничений и потенциальных проблем с интерпретацией результатов.

Заключение. Нечеткие запросы представляют собой мощный инструмент для расширения возможностей реляционных баз данных в работе с нечеткой информацией и неопределенностью. Они позволяют учесть различные уровни принадлежности и близости при поиске данных, что особенно важно в ситуациях, где точные значения неизвестны или сложно определить.

В ходе исследования мы рассмотрели основные принципы нечеткого моделирования и его применение к реляционным базам данных. Ознакомились с различными методами и алгоритмами для выполнения нечетких запросов и проанализировали их эффективность и точность. Были выявлены преимущества и ограничения использования нечетких запросов, которые следует учитывать при их применении.

Понимание возможностей нечетких запросов к реляционным базам данных поможет нам обрабатывать и анализировать данные с учетом неопределенности, что может быть важным во многих областях, включая системы рекомендаций, поиск информации и аналитику данных.

Дальнейшие исследования в этой области позволят совершенствовать методы и алгоритмы нечетких запросов, улучшать их эффективность и адаптировать под различные сценарии использования. Это позволит нам получить большую гибкость и точность в работе с реляционными базами данных и взаимодействии с нечеткой информацией.

Список источников

1. Зайцева, Е. В. Нечеткие запросы и поиск в реляционных базах данных / Е. В. Зайцева, В. В. Безрукова, А. С. Зуева // Информационные технологии и системы (ИТС-2018) : тр. XIII Всерос. науч.-практ. конф. – 2018. – С. 131 – 137.
2. Григорьева, Е. В. Применение нечеткой логики и нечетких запросов в реляционных базах данных / Е. В. Григорьева, Е. Г. Родионова // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. – 2017. – Т. 15, № 4. – С. 67 – 74.
3. Крылов, В. В. Нечеткое моделирование в системах управления базами данных / В. В. Крылов, Е. С. Мельникова, Х. Ли // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, связь. – 2016. – Т. 16, № 3. – С. 50 – 55.
4. Петров, А. В. Применение нечеткой логики в запросах к реляционным базам данных / А. В. Петров, А. В. Колчин // Молодежный научный форум. – 2017. – Т. 12, № 25. – С. 35 – 39.
5. Смирнов, А. Ф. Расширение возможностей реляционных баз данных с использованием нечеткой логики / А. Ф. Смирнов, И. П. Мартыанов, В. В. Гулевич // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2019. – Т. 15, № 2. – С. 126 – 132.

References

1. Zaitseva, E. V., Bezrukova, V. V., Zueva, A. S. Fuzzy queries and search in relational databases // Proceedings of the XIII All-Russian Scientific and Practical Conference «Information Technologies and Systems» (ITS-2018). – 2018. – P. 131 – 137.
2. Grigorieva, E. V., Rodionova, E. G. Application of fuzzy logic and fuzzy queries in relational databases // Vestnik NSU. Series: Information technologies. – 2017. – V. 15, No. 4. – P. 67 – 74.
3. Krylov, V. V., Melnikova, E. S., Li, H. Fuzzy modeling in database management systems // Bulletin of the South Ural State University. Series: Computer technologies, management, communication. – 2016. – V. 16, No. 3. – P. 50 – 55.
4. Petrov, A. V., Kolchin, A. V. Application of fuzzy logic in queries to relational databases // Youth Scientific Forum. – 2017. – V. 12, No. 25. – P. 35 – 39.
5. Smirnov, A. F., Martyanov, I. P., Gulevich, V. V. Expanding the capabilities of relational databases using fuzzy logic // Bulletin of the Voronezh State Technical University. – 2019. – V. 15, No. 2.

И. Н. Федорчук, студент, **А. А. Комиссаров**, студент, **С. С. Отнякин**, студент
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СИСТЕМЫ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ

Аннотация. В рамках данного исследования рассматривается разработка системы опорно-двигательной реабилитации на основе экзоскелета. В работе рассматриваются следующие аспекты проектирования системы опорно-двигательной реабилитации: определение требований к системно-аппаратному комплексу, определение предельных нагрузок на систему, разработка общей механики работы экзоскелета, проектирование механической части системы.

Ключевые слова: проектирование, системы опорно-двигательной реабилитации, тренажеры, манипуляторы, экзоскелеты.

I. N. Fedorchuk, Student, **A. A. Komissarov**, Student, **S. S. Otnyakin**, Student
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

STRUCTURAL DESIGN OF THE MUSCULOSKELETAL REHABILITATION SYSTEM

Abstract. Within the framework of this study, the development of a system of musculoskeletal rehabilitation based on an exoskeleton is considered. The paper considers the following aspects of the design of the musculoskeletal rehabilitation system: determining the requirements for the system and hardware complex, determining the maximum loads on the system, developing the general mechanics of the exoskeleton, designing the mechanical part of the system.

Keywords: design, musculoskeletal rehabilitation systems, simulators, manipulators, exoskeletons.

Статистика Всемирного фонда здравоохранения показывает, что до 80% населения имеют те или иные проблемы опорно-двигательного аппарата. Поэтому организация соответствующей реабилитации, направленной на восстановление двигательных функций человека, остается актуальной и важной для общества задачей. В опорно-двигательной реабилитации можно выделить несколько направлений [1]. Первое направление связано с использованием различных экзоскелетов. Ноги или тело пациента при в таких системах полностью управляются за счет фиксации в нескольких точках. Примерами таких систем являются Lokomat, Lokohelp, LOPES, ALEX, AAFO, BLEEX и другие [2]. Принцип передвижения пользователя может быть организован как за счет беговых дорожек (в этом случае нижняя часть экзоскелета у стопы отсутствует), так и без их участия (тогда стопа перемещается также за счет экзоскелета). Данный класс систем требует адаптации к телу или зоне нижних конечностей, т.е. настройки или регулировки длин сегментов за счет подвижных частей или иных подходов из-за существенных различий в длинах ног и их частей у пациентов. К недостаткам подобного рода систем относится также частая необходимость в нескольких операторах для проведения реабилитации, высокая стоимость и сложность, ограничение свободы движений пациента.

Второй класс систем опорно-двигательной реабилитации можно обозначить платформы или комплексы с end effector устройствами или роботами, т.е. фиксация пользователя производится в одной конечной точке (чаще всего область голеностопа). Это позволяет упростить адаптацию системы под индивидуальные характеристики пользователя, но создает сложности в области ручной коррекции участков тела в ходе реабилитации из-за недостаточной их фиксации. Представителями данного класса являются такие продукты как Gait Trainer GTI, Haptic Walker, Rutgers Ankle, ARBOT и другие [3].

В системе трехмерного проектирования КОМПАС 3D была разработана предварительная (концептуальная) модель экзоскелета для опорно-двигательной реабилитации (рис. 1).

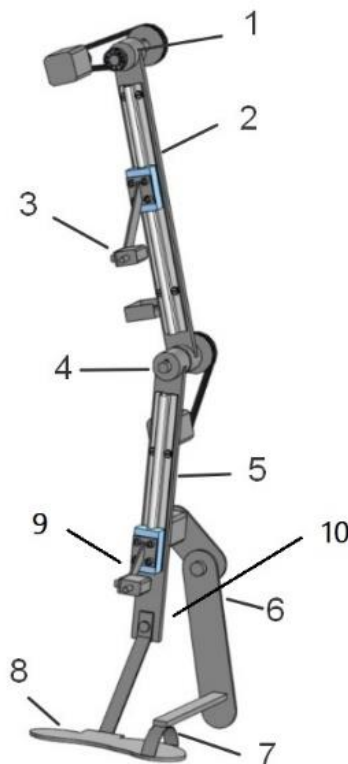


Рис. 1. Концептуальная модель экзоскелета для опорно-двигательной реабилитации

На рисунке 1 показаны главные части экзоскелета. В каркас экзоскелета входят три основные части, а именно бедро 2, голень 5 и ступня 8, обеспечивающие 3 основные свободы движения суставов ноги при ходьбе. Движение осуществляется при помощи двигателей с точным позиционированием. Привод бедренного сустава 1 состоит из удвоенного подшипника и крепления к корпусу, аналогичная конструкция присутствует и у привода коленного сустава 4. На пластинах 2, 5 по вертикальной оси перемещаются подвижные крепления, которые служат для регулировки фиксатора под размер ноги. Подстройка комплекса под рост человека осуществляется следующим образом. Привод коленного сустава 4 устанавливается на уровне коленного сустава человека, нога закрепляется в подвижных шарнирах 3 и 9 с помощью специальных ремней в двух местах, первое на бедре, а второе на голени. Далее надежно закрепляется стопа благодаря подвижному креплению 10, с одной стороны к корпусу ноги, а с другой стороны к каркасу подошвы 8. Нижнее крепление 7 служит для плотного прилегания ступни к подошве 8, а подошва, в свою очередь, служит для амортизации во время ходьбы.

Рассматривая ногу человека с экзоскелетом как сложную человеко-машинную систему, можно выделить основные проблемы, стоящие перед разработкой подобного рода конструкций. Например, необходимость соответствия осей вращения устройства с осевыми линиями суставов человека. В ином случае это может привести к недопустимому увеличению моментов нагрузки, действующих на суставы, и в конечном итоге нанести вред пациенту. Следовательно, взаимодействие ноги человека и механизма экзоскелета представляет наибольшие сложности и требует экспериментальных знаний об этом процессе. Свойства электроприводов и системы управления необходимо учитывать при разработке алгоритмов управления движением.

Приводы экзоскелета отвечают за перемещение соответствующих сегментов нижних конечностей. Бедренные приводы, приводы голени и стоп идентичны по общей структуре, различия заключаются лишь в допустимых рабочих углах и мощности этих приводов, вследствие неравенства приходящихся нагрузок.

Предельный требуемый момент, развиваемый бедренным приводом, согласно расчетам, составляет 130 Нм. Электродвигатели с такими номинальными моментами имеют габариты, превышающие допустимые по требованиям технического задания, поэтому для увеличения момента применяются редукторы. Для двигателя ELM0400FM60H-SS MS20 номинальный крутящий момент составляет 1,27 Нм, с номинальной частотой вращения вала 3000 об/мин. Учитывая, что максимальный момент, развиваемый двигателем, составляет 3,81 Нм и, принимая коэффициент запаса по моменту равный 3, получаем передаточное число редуктора, равное 102. Из представленных на рынке редукторов нашим требованиям удовлетворяет волновой редуктор с коэффициентом редукции, равным 100. Соответственно, на выходе редуктора получаем пиковое значение момента в 381 Нм и максимальную частоту вращения вала 30 об/мин.

Аналогичным образом рассчитываем значения для приводов голени и стопы.

Для контроля положения можно использовать встроенный энкодер двигателя, для обеспечения аварийного отключения в случае превышения приводом заданных рабочих углов применяются размыкающие концевые выключатели. Данные выключатели при срабатывании отключают питание силовой электроники, предотвращая тем самым нанесение травмы пользователю.

На следующем этапе исследований была разработана трехмерная модель аппаратной составляющей системы опорно-двигательной реабилитации. Изометрический вид трехмерной модели системы представлен на рис. 2.

К основным элементам системы опорно-двигательной реабилитации относятся:

- управляемая беговая платформа без регулировки угла наклона;
- два манипулятора экзоскелета для перемещения ног пользователя по заданному алгоритму;
- подъемный механизм в виде двух стоек для регулирования высоты манипуляторов;
- подвесной механизм страховки.

Передача вращающего момента реализована зубчатыми колесами через гибкий ремень, это способствует снижению уровня шума механизма, а также отсутствию необходимости добавления смазки.

Далее представлена общая модель манипулятора в сборе (рис. 3).

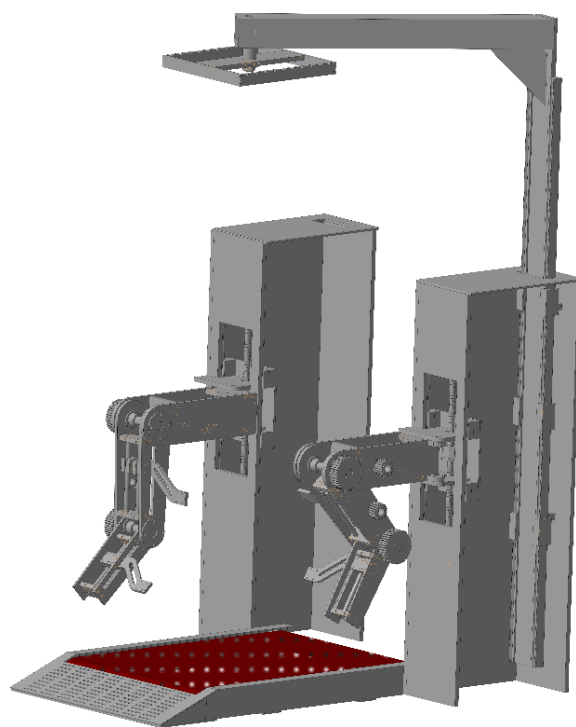


Рис. 2. Трехмерная модель системы опорно-двигательной реабилитации

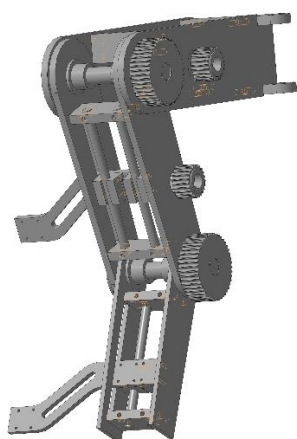


Рис. 3. Трехмерная модель манипулятора для экзоскелета

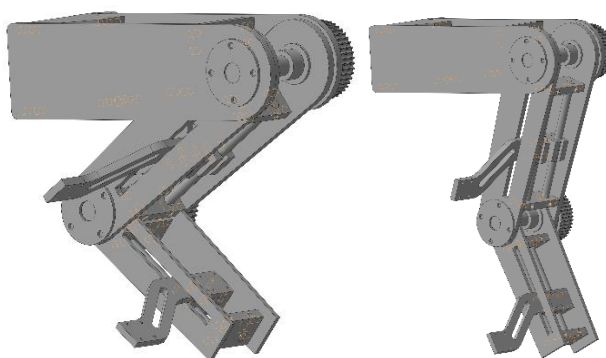


Рис. 4. Различные варианты положения правого манипулятора

Диапазон возможных положений манипулятора представлен на рис. 4 (для правого манипулятора, левый имеет аналогичную симметричную конструкцию).

Все конструктивные элементы выполняются из дюралюминия, что позволяет существенно сократить вес всей конструкции и, следовательно, нагрузку на механизмы системы.

Использование регуляторов на среднем и нижнем сегментах экзоскелета позволяет адаптировать систему опорно-двигательной реабилитации под различные пропорции человеческих конечностей. Это достигается за счет изменения положения соответствующих регуляторов (рис. 5).

На основе разработанной модели комплекса и соответствующей конструкторской документации в рамках третьего года исследований планируется разработка прототипа системы опорно-двигательной реабилитации.

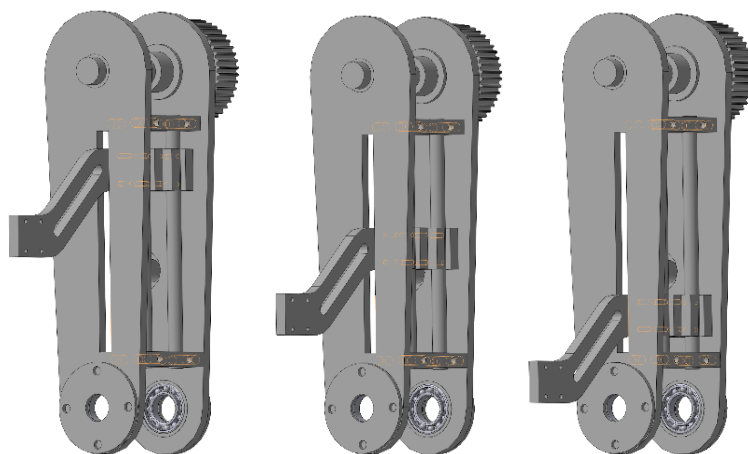


Рис. 5. Различные положения регулятора среднего колена

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках проекта «Разработка медицинских VR тренажерных систем для обучения, диагностики и реабилитации» (№ 122012100103-9).

Список источников

1. Recent development of mechanisms and control strategies for robot-assisted lower limb rehabilitation / W. Meng, et al. // *Mechatronics*. – 2015. – V. 31. – P. 132 – 145.
2. Advanced technology for gait rehabilitation: An overview / T. Mikolajczyk, et al. // *Advances in Mechanical Engineering*. – 2018. – V. 10, № 7.
3. Alvarez-Perez, M. G. Robot-assisted ankle rehabilitation : A review / M. G. Alvarez-Perez, M. A. Garcia-Murillo, J. J. Cervantes-Sánchez // *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*. – 2020. – V. 15, No. 4. – P. 394 – 408.

С. Ю. Неверова, студент, **Е. В. Новичков**, студент,
Я. А. Аверин, студент, **А. А. Уютнов**, студент
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ТРЕХМЕРНЫЕ МОДЕЛИ В ПРАВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

Аннотация. Рассмотрены особенности поиска и оценки сходства 3D-моделей, разработка интеллектуальной ИТ-системы для работы с промышленными образцами. Выявлена необходимость создания методики сравнения 3D-моделей для оценки новизны промышленных образцов.

Ключевые слова: трехмерное моделирование, 3D-модель, интеллектуальная собственность, промышленный образец.

S. Yu. Neverova, Student, **E. V. Novichkov**, Student,
Ya. A. Averin, Student, **A. A. Uytunov**, Student
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

THREE-DIMENSIONAL MODELS IN INTELLECTUAL PROPERTY LAW

Abstract. The article considers the features of the search and evaluation of the similarity of 3D models, the development of an intelligent IT system for working with industrial designs. The necessity of creating a methodology for comparing 3D models to assess the novelty of industrial designs is revealed.

Keywords: three-dimensional modeling, 3D model, intellectual property, industrial design.

Современный мир продолжает активно развиваться в области технологий, что касается разных промышленных областей, таких как проектирование простых бытовых предметов, так и сложных систем. Однако традиционные методы проектирования с использованием чертежей уступают место 3D-технологиям компьютерного моделирования и проектирования. Преимущества 3D-моделирования заключаются в возможности создания реалистичных и точных моделей объектов без необходимости строить проекции чертежа.

Трехмерное моделирование позволяет создавать точные модели, максимально приближенные к реальности, а также отличается простотой восприятия, гибкостью и функциональностью. Использование 3D-моделей позволяет получить чертежи отдельных деталей или всей конструкции целиком. В связи с этим, компании по всему миру все активнее внедряют 3D-технологии в свою деятельность, а специалисты прогнозируют полное вытеснение 2D-методов в ближайшем будущем [1].

Поскольку трехмерное моделирование позволяет точно описать внешний вид объекта, оно широко применяется в области промышленного дизайна.

Благодаря 3D-моделированию, современный промышленный мир переживает новый этап в своем развитии. Ранее работа дизайнеров была связана с 2D-проектированием, но именно сегодня важнейшее значение приобретает такое 3D-проектирование. Причиной этого является стремительное развитие информационных технологий в сочетании с увеличением вычислительных мощностей современной техники.

Если раньше 3D-моделирование было развито только в некоторых отраслях, то теперь во многих сферах промышленности увеличивается спрос на использование трехмерных

моделей, осуществляется формирование баз данных трехмерных моделей. Это основывается на развитии и усовершенствовании программного обеспечения для обработки трехмерной графики и сопровождается повышением качества 3D-сканирования.

Широко используется методика изготовления объемных изделий на основе цифровых моделей при использовании технологии трехмерной печати, что является одним из важнейших направлений в этой области. В практике известны и другие названия такой технологии – «быстрое прототипирование» или «аддитивное производство» [2].

В связи с распространением использования данных технологий встает вопрос об охране интеллектуальной собственности.

Основная сложность заключается в том, что 3D-печать и 3D-графика могут быть использованы для быстрого копирования практически любого объекта, не требуя разрешения правообладателя. Существующее законодательство гарантирует защиту создаваемых файлов, содержащих объекты печати, но только в некоммерческих целях. При использовании в коммерческих целях – это вызывает множество спорных вопросов.

Изучение накопленного опыта в этой сфере с применением лучших практик ведущих стран будет являться важным этапом подготовки к разработке «автоматизированной системы обработки 3D-моделей промышленных образцов» [3].

Роспатент совместно с патентными ведомствами других стран в рамках международного сотрудничества провел анализ зарубежного опыта в «методике сравнения 3D-моделей для оценки новизны промышленных образцов» изделий, в рамках которого также были отправлены соответствующие запросы в другие иностранные ведомства. При экспертизе заявок на промышленный образец изделия основное внимание уделяется проверке соответствия его условиям «новизна» и «оригинальность», определенным в законодательстве Российской Федерации [4]. Существенные признаки подаваемого на регистрацию промышленного образца оцениваются в сравнении с внешним видом изделий, информация о которых была ранее известна. Поэтому, очень важно качественно оценить сходство промышленного образца с уже известными и запатентованными вариантами внешнего вида изделий. Для этого находятся в разработке «Рекомендации по вопросам экспертизы заявок на промышленные образцы». Говоря о текущих методиках экспертизы промышленных образцов, необходимо отметить, что Рекомендации преимущественно сосредоточены «на анализе 2D-проекций промышленных образцов изделий, таких как орнаменты, линейно-графическое соотношение элементов, имеющих плоскую композицию, как ткани, а также на силуэте, являющемся плоскостной характеристикой модели, например в одежде».

Необходимо отметить, что действующие Рекомендации не всегда учитывают все характеристики трехмерных промышленных образцов и ориентированы на анализ «плоских изображений», что явно не отвечает современным требованиям и тенденциям в области промышленного дизайна.

Было выявлено, что причиной этого является, прежде всего, отсутствие методов и практических инструментов для работы с электронными 3D-моделями. Для их создания требуется привлекать специалистов из разных сфер промышленности, аналитиков, экспертов в сфере интеллектуальной собственности, IT-специалистов и других.

Для обеспечения эффективной работы патентного эксперта, которая связана с выполнением ряда сложных задач при проведении экспертизы промышленных образцов и выполнении патентного поиска, необходимо разработать структурированную информационную

систему, где информация о промышленных образцах должна быть сгруппирована по различным категориям. Эти категории должны брать в расчет множество характеристик, таких как цели использования, функционал, состав элементов и внешний вид промышленного образца изделия. Кроме того, необходимо определить ключевые критерии, по которым будет определяться патентоспособность заявляемого на регистрацию дизайнерского решения внешнего вида изделия. Важно не забыть и о методах сопоставления поданного на регистрацию образца с образцами, уже имеющими патент, проводимых в информационной системе.

Важно отметить, что основную задачу в распознавании формы промышленных образцов, их классификации и экспертизе выполняют операции по определению сходства и поиска различий между трехмерными объектами. Говоря о решении этих задач, мы вынуждены констатировать тот факт, что на данном этапе возникают определенные трудности. Предлагаемый специалистами подход, при котором возможно использовать обычный текстовый поиск для поиска трехмерных моделей по их названиям или ключевым словам, не будет работать во многих алгоритмах приложений для трехмерного моделирования. Важно понимать, что названия 3D-моделей или ключевые слова, добавляются людьми, в глубочайшей степени зависят от языковой среды и культуры речи, специальных знаний в определенной научной области, средств создания 3D-моделей и других факторов.

Основой для систем поиска и сравнения аналогичных рядов 3D-моделей должна быть ключевая особенность этих моделей – их форма. При поиске ставится задача сравнения форм, которая представлена в оценке сходства поверхностей или их фрагментов для двух или более моделей.

Ценность заключается в оценке сходства форм, когда они находятся в крайне близком взаимном расположении. Решение этой задачи предполагает два основных шага: первый – оценка степени близости двух форм в заданном положении, а второй – поиск оптимального положения, при котором эта степень близости будет наибольшей.

При исследовании поиска аналогичных 3D-моделей акцент делается на разработке методов сопоставления, которые соответствуют идее сходства формы для человека. В то же время, нельзя не упомянуть о возникающих сложностях с поиском различий в форме похожих 3D-моделей и их фрагментов, с анализом текстур и цветовых решений, со сравнением художественно-конструкторских решений, которые формируют внешний вид сложных композиций изделий. Необходимо учитывать указанные проблемы, включая сложности при поиске по ключевым словам, по названиям, при разработке интеллектуальной системы сопоставления и определения сходства трехмерных моделей. Это будет помогать в принятии решения о подаче заявки на промышленный образец и проведении проверки его новизны и оригинальности во время экспертизы.

Учитывая особенности поиска и оценки сходства 3D-моделей, разработка интеллектуальной ИТ-системы для работы с промышленными образцами является актуальной глобальной технической задачей, решение которой может улучшить позицию России.

Для успеха и развития масштабных проектов в области промышленного дизайна крайне важно иметь надежную методологическую базу. Методика оценки функциональности системы, которая включает в себя сопоставление и оценку сходства трехмерных моделей промышленных образцов, должна принимать во внимание два аспекта: особенности работы специалистов в инжиниринговых центрах, включая обработку электронных моделей образ-

цов, а также удовлетворять всем основным требованиям патентной экспертизы и правовой защиты дизайнерских решений.

Таким образом, программы трехмерного моделирования открывают новые горизонты в области создания, так называемых, виртуальных – цифровых объектов, работы в сфере совершенствования дизайна этих объектов. Необходимо руководствоваться законодательно предусмотренными нормами охраны внешнего вида и уникальности изделия. Следует различать правовую сторону и режим охраны объектов интеллектуальной собственности защищая интересы правообладателя.

Список источников

1. Землянов, Г. С. 3D-моделирование / Г. С. Землянов, В. В. Ермолаева // Молодой ученый. – 2015. – № 11. – С. 186 – 189.
2. Кукушкина, В.А. Применение 3D-моделирования и аддитивных технологий в машиностроении / В.А. Кукушкина, Ю. А. Бордюгова // Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами. – 2022. – № 1(13). – С. 63 – 69.
3. Михно, А. Проблема адаптации интеллектуального права в сфере инновационных разработок (на примере анализа правового регулирования 3D-технологии) / А. Михно, П.С. Копылова // Экономика. Бизнес. Банки. – 2018. – № 6. – С. 52 – 59.
4. Об утверждении Административного регламента предоставления Федеральной службой по интеллектуальной собственности государственной услуги по государственной регистрации промышленного образца и выдаче патента на промышленный образец, его дубликата : приказ Роспатента от 14.12.2020 № 165.

References

1. Zemlyanov, G. S. 3D modeling / G. S. Zemlyanov, V. V. Ermolaeva // Young scientist. – 2015. – No. 11. – P. 186 – 189.
2. Kukushkina, V. A. Application of 3d modeling and additive technologies in mechanical engineering / V. A. Kukushkina, Yu. A. Bordyugova // Information technologies and mathematical modeling in the management of complex systems. – 2022. – No. 1(13). – P. 63 – 69.
3. Mikhno, A. The problem of adaptation of intellectual law in the field of innovative developments (on the example of the analysis of legal regulation of 3d technology) / A. Mikhno, P. S. Kopylova // Economy. Business. Banks. – 2018. – No. 6. – P. 52 – 59.
4. On Approval of the Administrative Regulations for the Provision by the Federal Service for Intellectual Property of State Services for the State Registration of an Industrial Design and the Issuance of a Patent for an Industrial Design, its duplicate : Rospatent Order No. 165 dated 12/14/2020.

А. Д. Обухов, д-р техн. наук, **Д. Л. Дедов**, канд. техн. наук, **А. С. Лопатко**, студент
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ДЕЙСТВИЙ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Аннотация. Исследуется вопрос прогнозирования действий человека в условиях неопределенности. Рассмотрены существующие проблемы нейросетевых технологий в условиях неопределенности, возможные пути их решения, архитектуры нейронных сетей, алгоритм решения задачи прогнозирования действий человека.

Ключевые слова: нейросетевые технологии, прогнозирование, человеко-машинные системы

A. D. Obukhov, Doctor of Technical Sciences,
D. L. Dedov, Ph. D. Sc., **A. S. Lopatko**, Student
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

THE USE OF NEURAL NETWORK TECHNOLOGIES IN PREDICTING HUMAN ACTIONS UNDER CONDITIONS OF UNCERTAINTY

Abstract. The question of forecasting human actions in conditions of uncertainty is investigated. The existing problems of neural network technologies in conditions of uncertainty, possible solutions, neural network architectures, algorithm for solving the problem of predicting human actions are considered.

Keywords: neural network technologies, forecasting, human-machine systems

В системах, основным объектом наблюдения или управления которых является человек, одной из важнейших задач является не только своевременная реакция на его действия, но и их прогнозирование. Актуальность этой задачи обусловлена следующими факторами:

- большинство технических систем, с которыми взаимодействует человек-оператор или человек-пользователь имеет определенную аппаратную или программную задержку, временной интервал между реакцией системы на действия человека и моментом совершения этих действий может иметь критическое значение;
- человек как объект или субъект для некоторой системы создает дополнительные условия неопределенности, так как его действия не всегда подчиняются установленному регламенту или заданной в алгоритме функционирования последовательности действий;
- применение некоторой экспертной системы или набора продукционных правил может охватывать большую часть сценариев функционирования технической системы или сценариев деятельности человека, но в случае неопределенного заранее сочетания событий, действий или переменных среды осуществить корректную обработку может быть невозможно.

Перечисленные факторы подводят к необходимости поиска новых подходов и инструментов, способных реагировать на действия человека в условиях неопределенности. Причем, эффективность и скорость принятия решений должна быть как минимум сравнимой или превосходящей показатели человека-оператора.

Нейросетевые технологии в последние годы применяются для решения широкого спектра задач, в ряде областей значительно превосходя существующие решения, однако надежность и устойчивость подобных решений из-за природы функционирования еще оставляет вопросы. Существующие исследования в этой области подтверждают достаточно серьезные проблемы применения нейронных сетей в задачах классификации, сегментации, прогнозирования из-за неустойчивости получаемых прогнозов при доказанной высокой точности. То есть, обладающая высокими показателями на тестовой выборке и в обычных условиях нейронная сеть при ряде сценариев показывает абсолютно некорректные результаты в ряде сценариев. Одни из них создаются искусственно, в ходе так называемых «атак» или состязательных примеров, при которых в исходные данные внедряются едва заметные возмущения (численные, графические артефакты, дополнительные фрагменты информации), кардинально искажающие итоговый прогноз нейронной сети [1, 2]. В условиях неопределенности действий человека такие возмущения могут возникать естественным образом из-за внешних условий, характеристик самого пользователя, даже его внешнего вида (если речь идет о системах, основанных на компьютерном зрении и обработке изображений) [3].

Среди исследователей в качестве основной причины неустойчивой работы нейросетевых технологий выбрана недостаточная обобщающая способность. То есть границы между классами заданы настолько строго и близко, что любое возмущение приводит к ошибочному прогнозу. Расширение данных, различные техники аугментации позволяют снизить этот эффект за счет увеличения обобщающей способности нейронной сети, но не защищают от состязательных примеров и возможных атак на сеть. Другим известным подходом является расширение данных за счет состязательного обучения [4], при котором часть обучающих примеров, находящихся в граничной зоне, заранее обрабатывается с учетом возможных атак. Впрочем, данный подход не позволяет учесть все возможные виды состязательных примеров.

Следующей проблемой нейронных сетей, помимо низкой устойчивости, является непредсказуемое поведение при поступлении данных, не относящихся ни к одному классу. В технических системах и системах управления, принятия решений зачастую классификаторы используются для выбора окончательного решения или управляющей команды. В случае, когда нейронная сеть выдает равномерно распределенный прогноз на данные всей области обучения, сценарий может быть программным образом обработан, однако в ряде случаев результатом прогноза может быть распределение в один из возможных классов с высокой вероятностью, что может привести к принятию абсолютно некорректных решений. Такие сценарии возможны как в случае преднамеренных атак специально подготовленными данными [5], так и в случае человеко-машинных систем в процессе выявления незафиксированного ранее сценария или паттерна действий, а также нестабильности внешних условий, например, освещения или акустики. Таким образом, при реализации нейросетевых подходов необходимо учитывать помимо неопределенных условий, вызванных действиями человека, ряд прогнозируемых условий окружающей среды, которые должны быть учтены в обучающей выборке для формирования необходимого уровня обобщения.

Далее рассмотрим возможные стратегии улучшения нейросетевых технологий для повышения их устойчивости в условиях неопределенности. Эти стратегии в значительной мере пересекаются с подходами к защите от вредоносных атак и состязательных примеров, так как неопределенные или неизвестные данные в человеко-машинных системах будут иметь соответствующие характеристики.

Дистилляция нейронной сети [6]: обучение уменьшенной версии модели с меньшим количеством параметров на основе более сложной модели и использовании не жестко заданных меток, а предсказаний, что приводит к сглаживанию градиентов и некоторому понижению точности, однако положительно сказывается на устойчивости.

Обучение на модифицированных или сгенерированных данных [7]: расширение обучающей выборки для снижения меры неопределенности при последующем функционировании системы; так как не все сценарии, паттерны и действия возможно реализовать в реальном мире, одним из перспективных вариантов является моделирование действий пользователя в виртуальном пространстве и реализация дополнительных действий там с последующей записью данных [8].

Акцент на объектах: в случае человеко-машинных систем перспективным направлением является переход от изображений человека в кадре к векторам или ключевым точкам человеческого тела; данный переход осуществляется также за счет нейронных сетей и может быть чувствителен к атакам, но, с другой стороны, ее применение для верификации других моделей может быть оправданным.

С учетом вышеперечисленных подходов для повышения устойчивости нейросетевых технологий при прогнозировании действий человека могут быть использованы следующие топологии нейронных сетей:

- сверточные: позволяют сегментировать и выделить контуры/силуэты человека, а также других объектов при использовании компьютерного зрения, а также сверточных слоев;
- рекуррентные: полученные от сверточных сетей наборы точек модели человека могут быть обработаны как последовательности с целью прогнозирования следующих состояний человека, в качестве основных слоев могут использоваться LSTM, GRU, RNN и другие;
- трансформеры: набирающая популярность архитектура нейронных сетей, включающая механизм внимания (Multi-Head Attention) и не использующая рекуррентные слои, что позволяет улучшить производительность и снизить эффект затухания градиента; данные архитектуры могут использоваться и для сегментирования, и для прогнозирования.

Решение задачи прогнозирования действий человека с применением нейросетевых технологий может быть осуществлено по следующему алгоритму:

1. Сбор данных из внешнего мира о пользователях и его окружении, например, посредством компьютерного зрения, датчиков или систем захвата движений.
2. Определение перечня возможных состояний объектов и пользователей, действий пользователей при различных состояниях внешнего окружения, а также перечень действий системы, которые она выполняет при заданных условиях.
3. Извлечение данных о последовательности действий пользователя, состоянии внешнего окружения.
4. Сопоставление последовательности данных с действиями, выполняемыми технической системой или системой управления.
5. Использование полученных упорядоченных пар для обучения нейронных сетей. При обучении необходимо учитывать перечисленные выше рекомендации по выбору топологии нейронной сети и подготовке данных для повышения устойчивости.
6. Обучение нейронных сетей для классификации/сегментирования объектов, определения состояний объектов, прогнозирования.

7. Осуществить прогнозирование действий человека для минимизирования влияния запаздывания и неопределенности за счет обобщающей способности нейронных сетей.

8. Интеграция нейронных сетей в техническую систему для решения задач классификации и прогнозирования, что в условиях неопределенности поведения человека позволит повысить надежность ее функционирования.

В рамках данного исследования рассмотрены основные трудности, возникающие при использовании нейросетевых технологий в задачах прогнозирования, предъявляющих высокие требования к надежности и устойчивости решения. Для обеспечения этих требований проведен анализ существующих подходов из сферы защиты нейронных сетей от атак, которые могут быть применены для снижения величины неопределенности. После их применения возможно применение различных архитектур нейронных сетей для решения задачи прогнозирования действий человека.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-71-10057, <https://rscf.ru/project/22-71-10057>.

Список источников

1. Adversarial examples for semantic segmentation and object detection / C. Xie, et al. // Proceedings of the IEEE international conference on computer vision. – 2017. – P. 1369 – 1378.
2. Adversarial attacks and defenses in images, graphs and text: A review / H. Xu, et al. // International Journal of Automation and Computing. – 2020. – V. 17. – P. 151 – 178.
3. Podoprosvetov, A. V. Comparison of action recognition from video and IMUs / A. V. Podoprosvetov, A. P. Alisejchik, I. A. Orlov // Procedia Computer Science. – 2021. – V. 186. – P. 242 – 249.
4. Adversarial examples in the physical world / A. Kurakin, I. J. Goodfellow, S. Bengio // Artificial intelligence safety and security. Chapman and Hall/CRC. – 2018. – P. 99 – 112.
5. Nguyen, A. Deep neural networks are easily fooled: High confidence predictions for unrecognizable images / A. Nguyen, J. Yosinski, J. Clune // Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. – 2015. – P. 427 – 436.
6. Distillation as a defense to adversarial perturbations against deep neural networks / N. Papernot et al. // 2016 IEEE symposium on security and privacy (SP). IEEE. – 2016. – P. 582 – 597.
7. Goodfellow, I. J. Explaining and harnessing adversarial examples / I. J. Goodfellow, J. Shlens, C. Szegedy // arXiv preprint arXiv:1412.6572. – 2014.
8. Modeling of Nonlinear Dynamic Processes of Human Movement in Virtual Reality Based on Digital Shadows / A. Obukhov et al. // Computation. – 2023. – V. 11, No. 5. – P. 85.

С. В. Овсянникова¹, канд. биол. наук, доцент, **А. А. Галанина²**, инженер

¹Кемеровский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева
(Кемерово, Россия);

²ООО «Центр Изысканий» (Кемерово, Россия)

ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

Аннотация. В современных условиях все чаще для проведения топографических съемок используются зондирующие аппараты, лазерные сканеры и дроны. Независимо от метода проведения топографической съемки, результатом ее проведения является получение правильной и точной картографической документации в виде топографического плана. Лазерное сканирование позволяет получать точные данные, которые могут быть сопоставимы или даже превосходить традиционные методы. БПЛА может быстро и автоматически собирать геодезическую информацию на больших территориях, что позволяет создать качественную топографическую основу при выполнении рекультивации нарушенных земель. Разработанный топографический план с применением лазерного сканирования на базе беспилотных летательных аппаратов позволил оценить более точно масштаб нарушенных территорий для проведения последующей рекультивации, с целью качественного восстановления земель и возвращению их в народное хозяйство.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, топографический план, рекультивация нарушенных земель.

S. V. Ovsyannikova¹, Ph. D., Associate Professor, **A. A. Galanina²**, Engineer

¹Kemerovo State Technical University named after T. F. Gorbachev (Kemerovo, Russia);

²LLC "Centr Iziskaniy" (Kemerovo, Russia)

THE USE OF UAVS TO DEVELOP A TOPOGRAPHIC PLAN TO RESTORE THE DISTURBED TERRITORIES WHEN PERFORMING LAND RECLAMATION

Abstract. Unmanned aerial vehicles in geodesy are used to create high-precision maps, terrain models, geometric plans and three-dimensional terrain models. In modern conditions, probing devices, laser scanners and drones are increasingly used for topographic surveys. Regardless of the method of topographic survey, the result of its implementation is to obtain correct and accurate cartographic documentation in the form of a topographic plan.

Laser scanning allows you to obtain accurate data that can be comparable or even superior to traditional methods. The UAV can quickly and automatically collect geodetic information on large territories, which allows you to create a high-quality topographic basis when performing reclamation of disturbed lands.

The developed topographic plan with the use of laser scanning based on unmanned aerial vehicles made it possible to estimate more accurately the scale of the disturbed territories, for conducting.

Keywords: unmanned aerial vehicle, topographic plan, reclamation of disturbed lands.

Беспилотные летательные аппараты в геодезии используются для создания высокоточных карт, моделей рельефа, геометрических планов и объемных моделей местности. БПЛА могут снимать воздушные фотографии и видео из воздуха, что позволяет получить

подробные изображения территории. Снимки, полученные с помощью БПЛА, могут быть использованы для создания 3D-моделей местности и пользоваться существенным спросом в геодезии при планировке градостроительных проектов, проектировании железных дорог и трасс автодорог. БПЛА могут использоваться для обследования мостов, определения точных координат объектов, а также проведения геодезических измерений в труднодоступных местах.

Целью работы является разработка топографического плана с применением лазерного сканирования на базе беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в рамках выполнения инженерно-геодезических изысканий на нарушенных территориях. Инженерно-геодезические изыскания выполняются для получения достоверных и достаточных топографо-геодезических материалов и данных о ситуации и рельефе местности в соответствии с СП 47.13330.2016 [1].

Для решения поставленной цели необходимо выполнить анализ полевых материалов по точности съемки с применением лазерного сканирования. Создать 3D-модель земной поверхности, разработать топографический план для объекта рекультивации нарушенных территорий земельных участков с техногенным ландшафтом, отработанных и выведенных из технологического процесса участках недр месторождений полезных ископаемых.

В современных условиях все чаще для проведения топографических съемок используются зондирующие аппараты, лазерные сканеры и дроны. Независимо от метода проведения топографической съемки, результатом ее проведения является получение правильной и точной картографической документации в виде топографического плана.

Лазерное сканирование позволяет получать точные данные, которые могут быть сопоставимы или даже превосходить традиционные методы. БПЛА может быстро и автоматически собирать геодезическую информацию на больших территориях, что позволяет создать качественную топографическую основу при выполнении рекультивации нарушенных земель.

Сравнение методов создания инженерно-топографического плана показывает, что практически по всем параметрам беспилотные летательные аппараты (БПЛА) превосходят традиционные методы получения геодезических данных, по скорости, точности, масштабу, объему работ, эффективности, трудоемкости работ.

Объектом исследования являются нарушенные земельные участки с техногенным ландшафтом, предназначенные для выполнения рекультивации нарушенных территорий.

Территория выполнения работ по созданию топографического плана с применением лазерного сканирования выполнялась на провалах, образовавшихся в результате ведения горных работ предприятия подземным способом. Объект испытаний входит в состав Таштагольского муниципального района Кемеровской области-Кузбасс и располагается в долине рек Каз и р. Березовой (рис. 1).

Для получения полевых топографо-геодезических материалов был использован беспилотный летательный аппарат Matrice 300 с лазерным сканером СНС AA450 (рис. 2).

Результатом лазерного сканирования с помощью сканера СНС AA450 получен большой объем фотографий высокого разрешения, которые позволили определить общее состояние провалов земной поверхности и облегчить создание топографического плана (рис. 3).

После получения полевых материалов съемки, данные обработаны с помощью специализированного программного обеспечения СНС CoPre.

С помощью данной программы выполнен анализ высот, наклонов, ориентиров и другие характеристики провалов земной поверхности. Данная программа позволила оценить глубину провала, которая составляет 189 м.



Рис. 1. Фрагмент расположения нарушенной территории с провалами земной поверхности



Рис. 2. Сканер СНС АА450, установленный на квадрокоптере Matrice 300



Рис. 3. Фото провалов земной поверхности

В ходе обработки с помощью программного обеспечения и CREDO 3D SCAN, подготовлена 3D-модель участка нарушенной земной поверхности.

Результатом работы в программе CREDO 3D SCAN получена 3D-модель участка изысканий нарушенной поверхности земли.

Разработка топографического плана с использованием лазерного сканирования на БПЛА включает комбинацию наземных и воздушных методов съемки, это обеспечивает высокую точность. Лазерное сканирование предоставляет готовые цифровые модели и карты сразу после обработки данных. На основании полученных материалов в результате их обработки возможно предварительно оценить объемы требуемого грунта для рекультивации провалов земной поверхности (рис. 4).

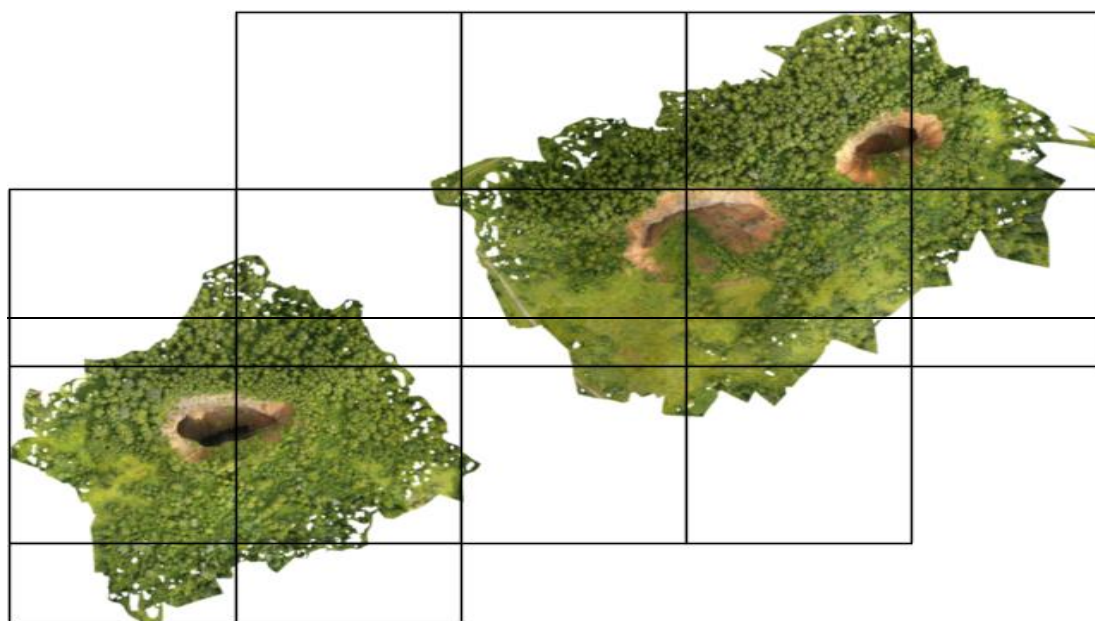


Рис. 4. Цифровой ортофотоплан

Для создания подробного и точного топографического плана провалов земной поверхности, экспортируется полученная цифровая модель местности из Credo 3D-скан в формат, поддерживаемый AutoCAD (DXF или DWG), которая послужила топографической основой с отображением существующего рельефа местности. Заявленная точность получаемых материалов соответствует точности топографических планов М 1:1000 и сечению рельефа 1,0 м. Точность и детализация поверхности превосходит традиционные методы геодезической съемки.

На завершающем этапе инженерно-топографический план, полученный при помощи системы AutoCAD, позволил точно оценить общую площадь нарушенных земель для их дальнейшего восстановления (рис. 5).

В результате выполненной работы выявлены преимущества использования лазерного сканирования на базе беспилотного летательного аппарата для создания топографического плана при выполнении рекультивации нарушенных территорий:

– Быстрота и точность съемки. С помощью БПЛА можно быстро и точно получить данные о местности, что позволяет создавать точный топографический план за наименьшее количество времени.

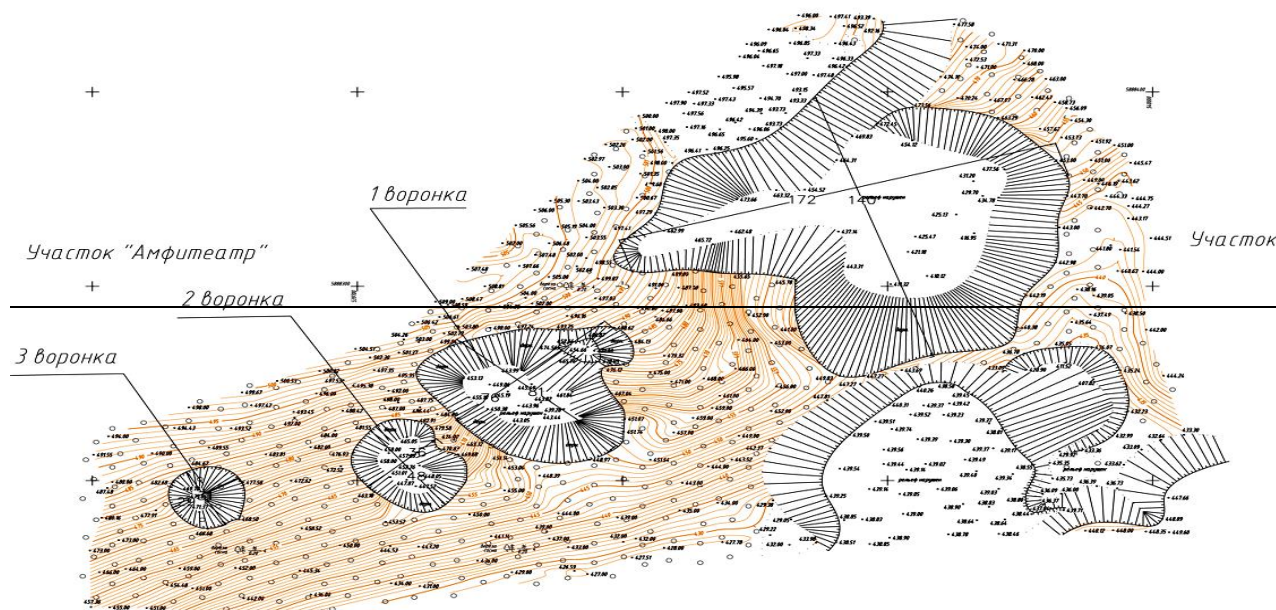


Рис. 5. Топографический план провалов земной поверхности

– Расширенный обзор. Благодаря возможности изменять высоту полета и радиус действия, БПЛА обеспечивает более широкий и точный обзор территории. Лазерное сканирование может использоваться для создания топографических планов любой сложности.

– Уменьшение вероятности ошибок. Благодаря автоматическому сбору данных и программной обработке информации, вероятность ошибок при создании топографического плана уменьшается.

– Малое воздействие на окружающую среду. Использование БПЛА не оставляет углеродный след и не приводит к загрязнению окружающей среды, что является одним из главных преимуществ данной технологии.

– При использовании лазерного сканирования для создания топографического плана создана точная трехмерная модель провалов земной поверхности. 3D-модель может быть использована для создания детальных карт местности.

Разработанный топографический план с применением лазерного сканирования на базе БПЛА позволил оценить более точно масштаб нарушенных территорий для проведения последующей рекультивации земель, с целью качественного их восстановления и возвращения в народное хозяйство.

Список источников

1. СП 47.13330.2016 «СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения». – М. : Стандартинформ, 2017.

References

1. SP 47.13330.2016 “SNiP 11-02-96 Engineering surveys for construction. The main provisions”. – М. : Standartinform, 2017.

К. А. Русякова, студент, **О. В. Свиридова**, канд. техн. наук, доцент
Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ (Волжский, Россия)

АВТОМАТИЗАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АДМИНИСТРАТОРА САЛОНА КРАСОТЫ

Аннотация. Проведено исследование и анализ проблем в деятельности администратора салона красоты, выделены его обязанности, смоделированы бизнес-процессы салона красоты, описаны причины актуальности разработки автоматизированной системы.

Ключевые слова: салон красоты, индустрия красоты, автоматизированное рабочее место, обязанности администратора, информационная система.

K. A. Ruslyakova, Student, **O. V. Sviridova**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor
Volga Polytechnic Institute (Branch) VolgSTU (Volzhsky, Russia)

AUTOMATION OF THE ACTIVITY OF THE BEAUTY SALON ADMINISTRATOR

Abstract. A study and analysis of problems in the activities of the beauty salon administrator were carried out, his responsibilities were highlighted, the business processes of the beauty salon were modeled, the reasons for the relevance of the development of an automated system were described.

Keywords: beauty salon, beauty industry, automated workplace, administrator responsibilities, information system.

Салон красоты – это место, где можно получить профессиональную помощь в уходе за своей внешностью. В салоне красоты можно провести процедуры, которые трудно сделать дома, например, окрашивание и укладка волос, маникюр и педикюр, массаж, наращивание ресниц, профессиональный макияж и многое другое [1]. В салоне работают профессиональные мастера и стилисты, которые помогут подобрать индивидуальную программу ухода и сделают все, чтобы клиенты чувствовали себя красивыми и ухоженными. За организацию и контроль работы салона красоты отвечает администратор. Он занимается многими аспектами управления бизнесом: от общения с клиентами до управления мастерами.

Многие люди посещают салоны красоты регулярно, чтобы поддерживать свой внешний вид и здоровье, которые в последнее время особенно актуальны и являются синонимом успешности.

Согласно исследованию, проведенному компанией NeoAnalytics, к 2021 году рынок парикмахерских и салонов красоты полностью восстановился после кризиса: объем рынка вырос на 46,9% и составил более 150 млрд рублей. Согласно данным исследования, только 45% населения регулярно посещают салоны, следовательно, рынок салонов красоты в России не насыщен и имеет возможности для развития [2].

Увеличение потока клиентов в салонах красоты может привести к большой загруженности администратора, особенно в тех случаях, когда управление записями клиентов и расписанием мастеров происходит вручную. На данный момент во многих организациях этой сферы отсутствует автоматизация бизнес-процессов, причиной этого может быть нехватка

достойных программных решений с необходимым функционалом для решения всевозможных проблем.

Отсутствие автоматизации бизнес-процессов может стать серьезным препятствием для эффективного функционирования бизнеса и привести к трудностям в процессе клиентского обслуживания и контроле качества работы, что может отразиться на репутации салона и потере потенциальных клиентов [3]. В связи с этим, стоит рассмотреть вопрос о внедрении современных автоматизированных систем для администратора салона красоты, которые помогут улучшить качество обслуживания, повысить эффективность работы мастеров и снизить погрешности и ошибки в управлении бизнесом.

Для выявления и анализа проблем в деятельности администратора салона красоты необходимо произвести исследование предметной области.

Администратор салона красоты находится в подчинении директора, а мастера – в подчинении администратора. Администратор является ключевым звеном в управлении работой мастеров и организации работы салона в целом.

На рисунке 1 представлена общая функциональная модель IDEF0 процесса «Предоставление косметических услуг», которая отражает общий принцип работы салона красоты.



Рис. 1. Общая функциональная модель IDEF0 процесса «Предоставление косметических услуг»

Для предоставления услуг требуется заявка от клиента на предоставление определенной процедуры и его данные, данные о мастере, а также информация о необходимых материалах для реализации этой процедуры. Ресурсами данного процесса являются сотрудники – администратор и мастера, клиенты и программное обеспечение, которое включает в себя

оборудование, инструменты и приспособления, используемые при предоставлении услуги. Управленческими потоками данных выступают законодательство, должностные обязанности сотрудников, нормативные документы, данные о поставщиках, перечень услуг и график работы мастеров. В результате после реализации услуги будет выписан чек клиенту, получена прибыль, в журнале посещений будет новая отметка о предоставленной услуге и израсходованном материале, выплачена зарплата сотрудникам.

Для более углубленного анализа рассмотрим декомпозицию общей функциональной модели IDEF0 на рис. 2.

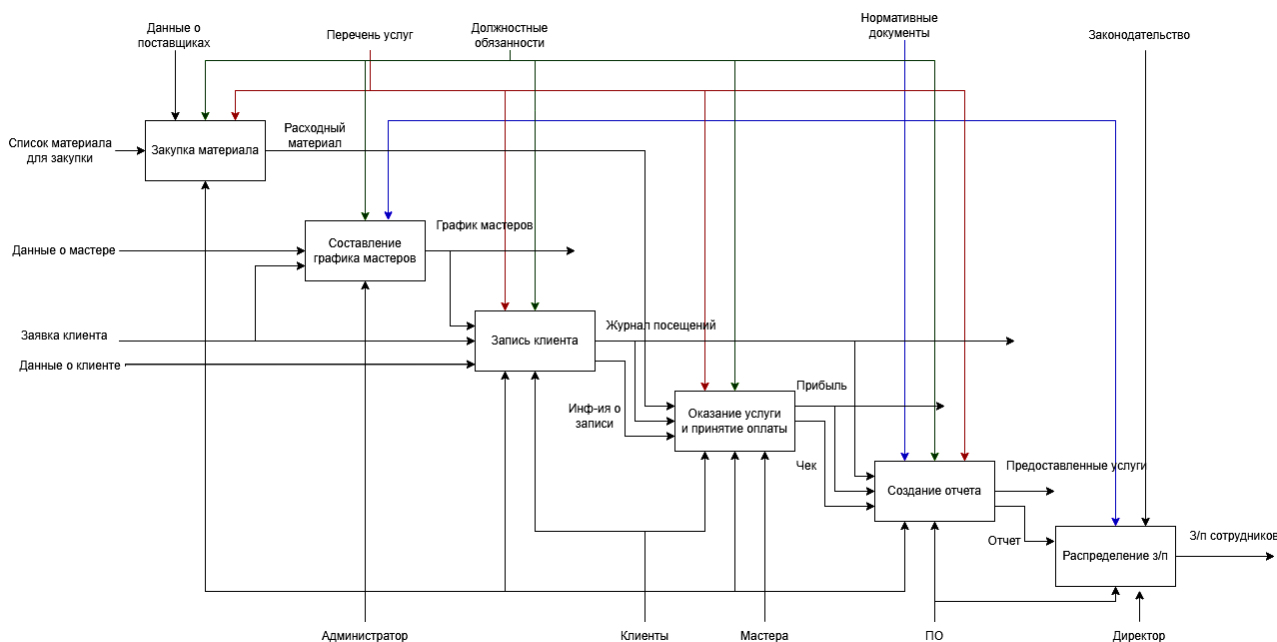


Рис. 2. Декомпозиция общей функциональной модели IDEF0 процесса «Предоставление косметических услуг»

Модель отражает внутреннюю структуру процесса «Предоставление косметических услуг», исходя из которой можно увидеть, что он состоит из следующих подпроцессов: закупка материала; составление графика мастеров; запись клиента; оказание услуги и принятие оплаты; создание отчета; распределение заработной платы.

В обязанности администратора входят: прием звонков, консультация клиентов и запись на прием; составление графика работы мастеров, распределение клиентов между мастерами и контроль качества выполнения услуг; оформление документов и контроль финансовых операций; работа с клиентской базой данных и рассылка актуальных акций и предложений; ведение учета оборудования, инвентаря и материалов на складе.

Одна из важных задач администратора салона красоты – обеспечить высокий уровень обслуживания клиентов, чтобы привлекать новых клиентов и удерживать текущих [4].

В своей работе администратор может столкнуться с множеством проблем в связи с загруженностью из-за большого объема должностных обязанностей или при высоком потоке клиентов [5]. Рассмотрим наиболее значимые проблемы при развитии салона красоты:

1. Недостаточное время на консультацию и учет всех пожеланий клиента из-за большой посещаемости салона и большого количества обязанностей у администратора. Недовольство качеством обслуживания может привести к потере потенциальных клиентов.

2. Информация о клиенте и его записи могут быть утеряны.

3. Ошибки в распределении нагрузки на персонал при составлении графика, что может привести к перегрузке отдельных сотрудников и затруднениям в управлении рабочим процессом. Также администратор может случайно назначить двух клиентов на один и тот же период времени или ошибиться в предоставлении информации клиенту.

4. Неправильный учет и несвоевременное пополнение количества материалов на складе, что может привести к нехватке запасов, задержкам и отказам в обслуживании, недовольству клиентов.

5. Несвоевременное принятие мер по предотвращению порчи материалов. При порче материалов салон может испытывать финансовые потери.

Важно помогать администратору выполнять свои рабочие обязанности эффективно, чтобы получать максимальную прибыль и улучшать имидж салона. В настоящее время одним из решений проблем, связанных с организацией работы в салоне красоты и улучшения качества обслуживания клиентов, может стать автоматизированное рабочее место администратора [6].

Данная система предоставляет полезные функции, такие как:

- онлайн-запись на сайте, что позволяет клиентам быстро записываться на услуги онлайн без необходимости стоять в длинных очередях на стойках регистрации или звонить администратору и общаться лично по телефону;

- контроль за графиком работы мастеров, что позволяет администратору отслеживать отработанное время;

- обработка информации о проведенных услугах;

- проведение учета материалов, позволяющее всегда точно поддерживать уровень запасов на складе, и прочих расходов салона;

- статистика общих показателей эффективности, таких как общий доход, полученный за месяц/год, средняя стоимость заказа, количество постоянных клиентов и другое, что помогает администратору принимать обоснованные решения о том, как наилучшим образом распределять ресурсы внутри салона;

- получение информации о клиентах, например, история посещений, услуги, приобретенные в прошлом, контактные данные для последующих звонков или электронных писем. Эта информация поможет легко создавать персонализированные рекламные акции, адаптированные к потребностям каждого отдельного клиента, что приведет к более высокому уровню конверсии продаж у существующих клиентов, а также к повышению уровня лояльности среди них.

С использованием автоматизированного рабочего места администратором его рабочие задачи становятся намного проще в выполнении. Система позволяет снизить временные затраты на выполнение бизнес-процессов за счет устранения ручного труда. Кроме того, это позволило бы администраторам сосредоточиться на предоставлении более качественных услуг, а не тратить время на рутинные обязанности, которые снижают их производительность в других областях, требующих внимания.

Система помогла бы обеспечить точность при работе с личной информацией клиентов, потому что все данные надежно хранятся онлайн вместо бумажных записей, которые со временем могут быть потеряны или повреждены из-за износа или стихийных бедствий.

Автоматизированные системы сегодня становятся все более популярными, поскольку они обеспечивают преимущества экономии средств наряду с улучшением качества обслуживания клиентов – это то, что администраторам следует рассмотреть для внедрения, если они хотят, чтобы их салоны красоты работали бесперебойно.

Список источников

1. Индустрия красоты [Электронный ресурс] // ВсеТренинги.ру. – URL : https://vsetreningi.ru/schools/industriya_krasoty (дата обращения: 28.01.2023).
2. Динамика развития салонов красоты [Электронный ресурс] // New Style Sound. – 2022. – URL : <https://nssound.ru/zvuk/dinamiku-razvitiya-salonor-krasoty> (дата обращения: 15.01.2023).
3. Автоматизация процессов: кому нужна, кто ее проводит и какие системы для нее использовать [Электронный ресурс] // Skillbox Media. – 2022. – URL : <https://skillbox.ru/media/management/avtomatizatsiya-protssesov-komu-nuzhna-kto-eye-provodit-i-kakie-sistemy-dlya-neye-ispolzovat> (дата обращения: 11.03.2023).
4. Что входит в обязанности администратора салона красоты? [Электронный ресурс] // Salon Secret. – URL : <https://www.salonsecret.ru/for-hairdressers/obyazannosti-administratora-salona-krasoty> (дата обращения: 10.02.2023).
5. 9 ошибок администратора салона красоты, которые убивают продажи [Электронный ресурс] // Beauty Pro. – URL : <https://beautyprosoftware.com/ru/blog/russkij-9-oshibok-administratora-salona-krasoty-kotorye-ubivajut-prodazhi> (дата обращения: 03.03.2023).
6. Автоматизация управления персоналом: виды, выбор программы и аналоги [Электронный ресурс] // Envybox Блог. – 2020. – URL : <https://envybox.io/blog/avtomatizacija-upravlenija-personalom> (дата обращения: 30.03.2023).

References

1. Beauty industry [Electronic resource] // VseTreningi.ru. – URL : https://vsetreningi.ru/schools/industriya_krasoty (date of application: 28.01.2023).
2. Dynamics of the development of beauty salons [Electronic resource] // New Style Sound. – 2022. – URL : <https://nssound.ru/zvuk/dinamiku-razvitiya-salonor-krasoty> (date of application: 15.01.2023).
3. Process automation: who needs it, who conducts it and what systems to use for it [Electronic resource] // Skillbox Media. – 2022. – URL : <https://skillbox.ru/media/management/avtomatizatsiya-protssesov-komu-nuzhna-kto-eye-provodit-i-kakie-sistemy-dlya-neye-ispolzovat> (date of application: 11.03.2023).
4. What is the responsibility of the beauty salon administrator? [Electronic resource] // Salon Secret. – URL : <https://www.salonsecret.ru/for-hairdressers/obyazannosti-administratora-salona-krasoty> (date of application: 10.02.2023).
5. 9 errors of the beauty salon administrator that kill sales [Electronic resource] // Beauty Pro. – URL : <https://beautyprosoftware.com/ru/blog/russkij-9-oshibok-administratora-salona-krasoty-kotorye-ubivajut-prodazhi> (date of application: 03.03.2023).
6. Automation of personnel management: types, program selection and analogues [Electronic resource] // Envybox Blog. – 2020. – URL : <https://envybox.io/blog/avtomatizacija-upravlenija-personalom> (date of application: 30.03.2023).

З. М. Селиванова, д-р. техн. наук, профессор, **З. А. Х. Аль-Судани**, аспирант
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ КОНТРОЛЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. Предложен научный подход, содержащий этапы создания информационной системы поддержки принятия решений для определения теплофизических свойств экологических материалов; информационная модель и структура системы с использованием методов искусственного интеллекта для повышения оперативности и точности контроля качественных свойств материалов.

Ключевые слова: информационная модель, экологические материалы, теплофизические свойства.

Z. M. Selivanova, Doctor of Technical Sciences, Professor,
Z. A. H. Al-Sudani, Graduate Student
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

DECISION SUPPORT INFORMATION SYSTEM FOR MONITORING THE THERMAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF ENVIRONMENTAL MATERIALS

Abstract. A scientific approach is proposed, containing the stages of creating an information decision support system for determining the thermophysical properties of environmental materials; information model and structure of the system using artificial intelligence methods to increase the efficiency and accuracy of monitoring the quality properties of materials.

Keywords: information model, environmental materials, thermophysical properties.

При строительстве объектов агропромышленного комплекса, жилых помещений необходимо применение экологических материалов. Актуальным и важным является решение задачи обеспечения точности определения теплофизических свойств (ТФС) используемых материалов.

Для контроля ТФС объектов исследования широко применяются измерительные средства (ИзС), не отвечающие предъявляемым требованиям оперативности и точности результатов измерений, влиянию дестабилизирующих факторов (ДФ). Необходимо улучшить технические и метрологические характеристики ИзС и создать информационную среду функционирования ИзС.

Интеллектуализация измерительных средств основывается на следующих применяемых структурных компонентах в составе ИзС: блока принятия решений (БПР) в нечеткой среде, который применяет методы искусственного интеллекта для определения ТФС экологических материалов, базы знаний, и процедурах – классификация исследуемых материалов (ИМ).

Разработка интеллектуального ИзС (ИИИзС), разработка информационной модели системы выполняется в результате применяемых гипотез, предположений и информационных технологий.

Предлагается подход к проектированию информационной системы поддержки принятия решений (ИС ППР) при контроле теплофизических свойств экологических материалов, состоящий из нижеперечисленных этапов:

1. Определение априорных данных о N -материалах, которые подлежат исследованию $(ИМ)_1, \dots, (ИМ)_N$. При классификации рассматриваются экологические материалы, применяемые для строительства жилых и промышленных зданий. Разрабатывается математическая модель для определенного класса материалов в соответствии с их теплопроводностью. Определяется множество контролируемых параметров $U_{\text{п}}$ согласно требованиям пользователей ИС ППР при контроле теплофизических свойств экологических материалов с учетом априорной информации об ИМ, уровней достоверности исходных данных, диапазонов контролируемых параметров материалов.

2. Создается ряд требований к входным информационным данным.

Предварительно выполняются тестовые теплофизические измерения с использованием интеллектуального измерительного зонда (ИИЗ) и системы измерительных преобразователей (СИП). Полученная измерительная информация корректируется при влиянии множества ДФ $V_{\text{ДФ}}$.

3. Выполняется идентификация информационных данных об ИС ППР. Диапазоны и уровни сигналов на входе системы при влиянии ДФ определяются множеством $I_{\text{вхДФ}}$. Множество $I_{\text{выхДФ}}$ отображает выходные сигналы микроконтроллера. Сигналы «Пуск» $I_{\text{п}}$ и сигналы управления $I_{\text{упр}}$ с выхода микроконтроллера $(МК)_y$ подключают $(МК)_1, \dots, (МК)_j$ для контроля ТФС экологических материалов соответствующей предметной области $(ПО)_1, \dots, (ПО)_j$.

4. Для функционирования ИС ППР следует выбрать микроконтроллеры, которые соответствуют необходимым информационным данным: среднее время передачи информационных сигналов $t_{\text{ср}}$ и обработки информации $t_{\text{ОИ}}$, которая передается по информационному каналу, представленному множеством $I_{\text{ИК}}$, объем памяти микроконтроллеров (ПМК).

5. В созданном информационном канале пользователя содержатся сведения о применяемых экологических материалах и диапазонах их теплопроводности, режимных параметрах для проведения теплофизических измерений, влияющих внешних и внутренних факторах, структурном построении ИС ППР для контроля ТФС материалов.

6. В базу знаний вносится информация экспертами $I_{\text{ИЭ}}$ и пользователями $I_{\text{ИП}}$, различные виды информации в зависимости предметной области исследования при контроле параметров ТФС материалов с использованием ИС ППР с учетом экспериментальной $I_{\text{экс}}$ и априорной $I_{\text{апр}}$ информации.

7. В базе знаний представлена информация, поступающая из информационных каналов, множеством $I_{\text{БЗ}}$: информация пользователей $I_{\text{ПК}}$ и экспертов $I_{\text{эк}}$, априорная $I_{\text{апр}}$, экспериментальная $I_{\text{экс}}$, текущая $I_{\text{тек}}$, измерительная $I_{\text{ОИ}}$, используемая в моделях $I_{\text{мод}}$, методах $I_{\text{мет}}$ и алгоритмах $I_{\text{ал}}$ работы ИС ППР при проведении теплофизических измерений [1].

8. В блоке усилителей (БУ) необходимо обеспечить коэффициент усиления, соответствующий диапазону K_d при поступлении информации $I_{бу}$, формируемой ИИЗ $I_{ииз}$. Блок формирования теплового воздействия (БФТВ) осуществляет тепловой нагрев объекта исследования $I_{бтв}$ и подает информационный сигнал для блока микроконтроллеров (БМК) согласно предметной области объектов контроля $I_{бмкпо}$. Блок принятия решений формирует информационные сигналы в виде множества $I_{пр}$.

9. Создается информационная среда функционирования структурных компонентов интеллектуальной информационно-измерительной системы, входящей в состав информационной системы для определения теплофизических свойств ИМ, представленной множеством $I_{иис}$ [2].

10. С использованием предложенного множества критериев $\mathcal{E}_{иис}$: потеря точности P_t , оперативности $P_{оп}$ и погрешность измерения δ , оценивается техническая эффективность ИС ППР для определения ТФС экологических материалов.

На основе выше представленной информации разработана информационная модель ИС ППР $M_{ис}$. Модель ИС ППР для контроля ТФС материалов приведена в виде кортежа множеств:

$$M_{ис} = \langle I_{им}^d, U_{п}, V_{дф}, I_{вхдф}, I_{выхдф}, I_{ик}, I_{ип}, I_{бз}, I_{бпр}, I_{ис}, \mathcal{E}_{ис} \rangle,$$

в который включен ряд множеств: $I_{им}^d = \{I_i^{dj}, i=1, \dots, N, d_j, j=1, \dots, p\}$ – выходные сигналы с ИМ; $U_{п} = \{U_i, i=1, \dots, m\}$ – определяемые параметры; $V_{дф} = \{V_{рт}, V_w, V_{кци}, V_t\}$ – дестабилизирующие факторы; $I_{вхдф} = \{I_{вхдф}^{di}, i=1, \dots, x\}$ – входные сигналы при влиянии ДФ; $I_{выхдф} = \{I_{выхдф}^{di}, i=1, \dots, x\}$ – выходные сигналы при влиянии ДФ; $I_{ик} = \{I_{пмк}, t_{пи}, t_{ои}\}$ – параметры информационных каналов; – информация от пользователя; $I_{ип} = \{I_{ипi}, i=1, \dots, l\}$ – информация от пользователя; $I_{иэ} = \{I_{иэi}, i=1, \dots, b\}$ – информация от эксперта; $I_{бз} = \{I_{пк}, I_{эк}, I_{апр}, I_{экс}, I_{тек}, I_{мет}, I_{мод}, I_{ал}\}$ – информация из базы знаний; $I_{бпр} = \{I_{бу}, I_{ииз}, I_{бтв}, I_{бмк}\}$ – информация, поступающая из БПР; $I_{ис} = \{I_{ис}, i=1, \dots, y\}$ – структуры ИС ППР; $\mathcal{E}_{ис} = \{P_t, P_{оп}, \delta\}$ – критерии, оценивающие техническую эффективность ИС ППР для контроля ТФС ИМ.

Структурная схема ИС ППР при контроле ТФС материалов представлена на рис. 1, на котором показаны сформированные информационные каналы получения, преобразования и передачи информации, обмена информацией между структурными компонентами информационной системы.

Множества данных информационной модели и базы знаний используются в ИС ППР при контроле теплофизических свойств экологических материалов, которые применяются при строительстве зданий, объектов агропромышленного комплекса и предприятий различных отраслей производства.

Е. О. Суркова, студент, **А. Е. Архипов**, младший научный сотрудник
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ТРИАНГУЛЯЦИИ В ЗАДАЧАХ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Аннотация. В данной работе рассматриваются алгоритмы триангуляции, использованные в системе захвата движений. Описан общий принцип триангуляции. Были проведены экспериментальные исследования, в ходе которых была выполнена оценка приведенных в работе методов триангуляции.

Ключевые слова: компьютерное зрение, триангуляция, системы захвата движений.

E.O. Surkova, Student, **A. E. Arkhipov**, Junior Research Assistant
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

COMPARISON OF TRIANGULATION ALGORITHMS IN COMPUTER VISION TASKS

Abstract. This paper discusses the triangulation algorithms used in the motion capture system. The general principle of the triangulation algorithm is described. Experimental studies have been carried out to evaluate the triangulation methods given in the paper.

Keywords: computer vision, triangulation, motion capture.

Триангуляция широко используется в задачах компьютерного зрения, в которых необходимо выполнять трехмерную реконструкцию объектов и сцены, например, при выполнении методов одновременной локализации и картирования (SLAM) [1]. Данная техника позволяет определять трехмерное положение частей тела человека в пространстве, что позволяет реализовывать безмаркерные системы захвата движения [2]. Особенность подобных систем захвата состоит в том, что их пользователям не нужно надевать какие-либо специальные костюмы или датчики. На сегодняшний день безмаркерные системы захвата движения имеют широкое применение в приложениях для записи анимации, анализа движений в спорте, в системах виртуальной реальности и т.д.

Алгоритм триангуляции основан на принципах эпиполярной геометрии, суть которой заключается в том, что 3D-точки в сцене проецируются на линии в плоскости изображения каждой камеры, известные как эпиполярные линии. Эти линии соответствуют пересечению плоскости изображения с плоскостью, проходящей через центры камеры и 3D-точку. Это свойство обеспечивает условие для поиска соответствующих пар точек на двух изображениях: если точка на первом изображении соответствует точке на втором изображении, то ее проекция должна лежать на соответствующей эпиполярной линии. В соответствии с этим условием можно установить следующее отношение для всех соответствующих пар точек:

$$x'Fx = 0, \quad (1)$$

где F – фундаментальная матрица, имеющая размер 3×3 и ранг, равный 2.

Для некоторой точки X , заданной в трехмерном пространстве, справедлива следующая формула проецирования, выражающаяся в однородных координатах:

$$x_i = P_i X, \quad (2)$$

где $x_i = w(u_i, v_i, 1)^T$ – однородные координаты некоторой точки на плоскости i -го изображения (полученной с i -й камеры в ходе второго этапа), включающие положение на изображении u_i (по оси X) и v_i (по оси Y); w – коэффициент масштабирования; P_i – проекционная матрица i -й камеры, полученная на первом этапе.

Для упрощения уравнение (2) может быть представлено следующим образом:

$$wu_i = p_i^{1T} X, \quad wv_i = p_i^{2T} X, \quad w = p_i^{3T} X, \quad (3)$$

где p_i^{jT} – j -я строка матрицы P_i .

Учитывая, что w – это коэффициент масштабирования, получаем следующую систему уравнений:

$$u_i p_i^{3T} X - p_i^{1T} X = 0, \quad u_i p_i^{3T} X - p_i^{2T} X = 0. \quad (4)$$

Так как X является однородным представлением координат в трехмерном пространстве, то для их вычисления необходимо получить x_i и P_i как минимум для двух камер.

Основная проблема триангуляции состоит в том, что в действительности линии двухмерных проекций точки объекта могут не пересекаться в пространстве из-за влияния шума. То есть, точного решения системы (3) не существует, поэтому можно найти только приближенное решение. На сегодняшний день существует множество подходов к выполнению триангуляции, каждый из которых обладает своими преимуществами и недостатками. В данной работе были рассмотрены следующие алгоритмы решения системы уравнений (3) [3]:

- прямой линейный перенос (DLT);
- линейный метод наименьших квадратов;
- L2 триангуляция;
- оптимальный (полиномиальный) метод.

DLT относится к линейным алгоритмам триангуляции, главным достоинством которого является простота его реализации. Так, например, в библиотеке компьютерного зрения OpenCV существует готовая реализация данного алгоритма.

Линейный метод наименьших квадратов также относится к линейным и состоит в том, что система однородных уравнений сводится к системе, состоящей из неоднородных уравнений, для решения которой используется метод наименьших квадратов.

L2 триангуляция является итеративным методом трехмерной реконструкции, решение которой сводится к минимизации ошибки перепроецирования:

$$\sum_i d(x_i, \hat{x}_i) \rightarrow \min, \quad (5)$$

где x_i – координата проекции оцениваемой точки на изображении; $\hat{x}_i$ – координата проекции, вычисленная по формуле (2) для уже рассчитанной пространственной точки; $d(\bullet)$ – расстояние между двумя точками.

Алгоритм оптимальной (полиномиальной) триангуляции относят к неитеративным подходам к триангуляции, для его решения требуется полином шестого порядка. Критерий минимизации для выполнения трехмерной реконструкции в данном методе можно определить следующим образом:

$$\sum_i d(x_i, \lambda_i) \rightarrow \min, \quad (6)$$

где λ_i – эпполярная линия, соответствующая точке x_i .

При использовании системы из двух камер для минимизации ошибки необходимо выполнить следующую последовательность действий:

1. Параметризовать пучок эпполярных линий на первом изображении с помощью параметра t . Таким образом эпполярная линия на первом изображении может быть выражена как $\lambda_0(t)$.
2. Используя фундаментальную матрицу F вычислить соответствующую эпполярную линию $\lambda_1(t)$ на втором изображении.
3. Выразить функцию расстояния (6) как функцию от t .
4. Выполнить поиск значения t , при котором (6) стремится к минимуму.
5. Используя методы элементарного исчисления, можно свести решение задачи минимизации к нахождению корней полинома шестого порядка. Вычисление предполагаемой пространственной точки осуществляется с помощью метода прямого линейного переноса (DLT) [4].

Перечисленные методы триангуляции были реализованы с использованием библиотек OpenCV и NumPy. Для сравнения алгоритмы были интегрированы в программное обеспечение, реализующее метод трехмерного захвата движений. Для обнаружения человека в кадре и вычисления значений двумерных проекций его скелетных точек на плоскости изображений, полученных с камер, был использован фреймворк MediaPipe [5, 6]. Пример работы метода для реконструкции всего скелета человека представлен на рис. 1.

Затем выполнено сравнение данных алгоритмов по значению функции ошибки перепроецирования для всех точек скелета с двух изображений, которая имеет следующий вид:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^K d(x_{ij}, \hat{x}_{ij})}{K} \rightarrow \min. \quad (7)$$

Проведено сравнение выбранных методов триангуляции по величине ошибки, а также по времени получения решения (вычислительной сложности) для всей совокупности точек скелета, сводные сравнительные диаграммы представлены на рис. 2.

Для выбранных методов триангуляции также проведен ряд экспериментальных тестов, в ходе которых для каждого подхода замерялись рассчитанные длины конечностей пользователя и абсолютное отклонение полученных значений от реальных.

В результате сравнительного анализа было обнаружено, что наиболее оптимальным алгоритмом для трехмерной реконструкции является полиномиальный метод. Полученные результаты могут быть использованы для формирования цифровых теней процессов перемещения [7].

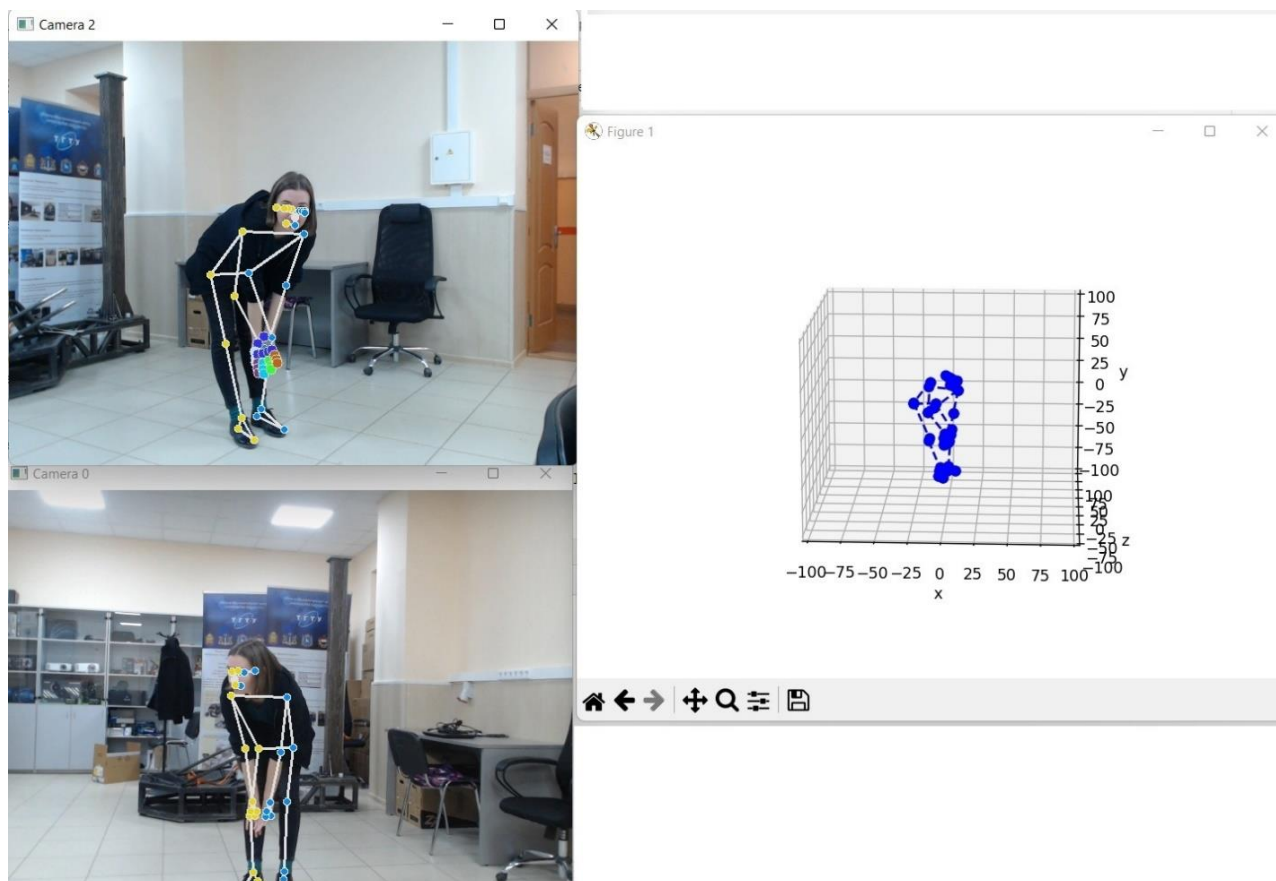


Рис. 1. Пример работы метода, включая распознавание человека на двух камерах и построение трехмерного скелета

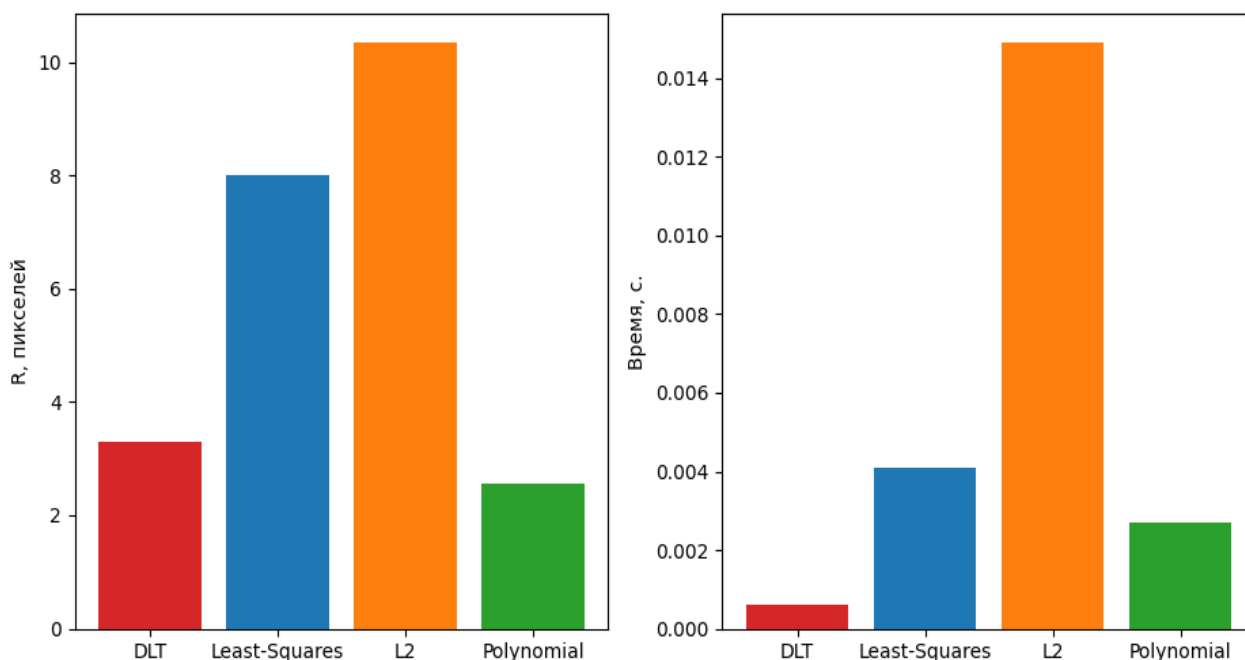


Рис. 2. Значение ошибки и времени вычислений для каждого из рассмотренных методов триангуляции

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-71-10057, <https://rscf.ru/project/22-71-10057>.

Список источников

1. Mur-Artal, R. ORB-SLAM: a versatile and accurate monocular SLAM system / R. Mur-Artal, J. M. M. Montiel, J. D. Tardos // IEEE transaction on robotics. – 2015. – V. 31, No. 5. – P. 1147 – 1163.
2. Evaluation of 3D markerless motion capture accuracy using OpenPose with multiple video cameras / N. Nakano. et al. // Frontiers in sports and active living. – 2020. – V. 2. – P. 50.
3. Szeliski, R. Computer vision: algorithms and applications / R. Szeliski // Springer Nature. – 2010.
4. Кудинов, И. А. Реализация алгоритма определения пространственных координат и угловой ориентации объекта по реперным точкам, использующего информацию от одной камеры / И. А. Кудинов, О. В. Павлов, И. С. Холопов // Компьютерная оптика. – 2015. – Т. 39, № 3. – С. 413 – 419.
5. Mediapipe: A framework for building perception pipelines / C. Lugaresi, et al. // arXiv preprint arXiv:1906.08172. – 2019.
6. Development of Software for Managing Treadmills Based on Computer Vision / A. Obukhov, et al. // Artificial Intelligence in Models, Methods and Applications. – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 325 – 339.
7. Modeling of Nonlinear Dynamic Processes of Human Movement in Virtual Reality Based on Digital Shadows / A. Obukhov, et al. // Computation. – 2023. – V. 11, No. 5. – P. 85.

References

1. Mur-Artal, R. ORB-SLAM: a versatile and accurate monocular SLAM system / R. Mur-Artal, J. M. M. Montiel, J. D. Tardos // IEEE transaction on robotics. – 2015. – V. 31, No. 5. – P. 1147 – 1163.
2. Evaluation of 3D markerless motion capture accuracy using OpenPose with multiple video cameras / N. Nakano. et al. // Frontiers in sports and active living. – 2020. – V. 2. – P. 50.
3. Szeliski, R. Computer vision: algorithms and applications / R. Szeliski // Springer Nature. – 2010.
4. Kudinov, I. A. Implementation of the algorithm for determining the spatial coordinates and angular orientation of an object by reference points, using information from a single camera / I. A. Kudinov, O. V. Pavlov, I. S. Kholopov // Computer Optics. – 2015. – V. 39, No. 3. – P. 413 – 419.
5. Mediapipe: A framework for building perception pipelines / C. Lugaresi, et al. // arXiv preprint arXiv:1906.08172. – 2019.
6. Development of Software for Managing Treadmills Based on Computer Vision / A. Obukhov, et al. // Artificial Intelligence in Models, Methods and Applications. – Cham : Springer International Publishing, 2023. – P. 325 – 339.
7. Modeling of Nonlinear Dynamic Processes of Human Movement in Virtual Reality Based on Digital Shadows / A. Obukhov, et al. // Computation. – 2023. – V. 11, No. 5. – P. 85.

Е. О. Суркова, студент, **С. В. Карпушкин**, д-р техн. наук
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ПОЗЫ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация. В работе описывается реализация процесса распознавания и оценки позы. Рассмотрены существующие подходы к реализации алгоритма распознавания позы. Разработана система захвата движения с использованием технологий компьютерного зрения и машинного обучения, которая выполняет получение кадров с камеры, обнаружение человека на них и распознавание его позы.

Ключевые слова: компьютерное зрение, машинное обучение, оценка позы

E. O. Surkova, student, **S. V. Karpushkin**, Doctor of Technical Sciences,
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

DEVELOPMENT OF A HUMAN POSE RECOGNITION SYSTEM BASED ON COMPUTER VISION AND MACHINE LEARNING

Abstract. This paper describes the implementation of the process of recognition and evaluation of the pose. The existing approaches to the implementation of the pose recognition algorithm are considered. A motion capture system using computer vision and machine learning technologies is developed, which performs acquisition of frames from the camera, detection of a person on them and recognition of his pose.

Keywords: computer vision, machine learning, pose estimation.

Задачи распознавания и оценки позы включают в себя интерпретацию и семантический анализ положения и направления суставов и конечностей тела человека исходя из визуальных данных, полученных с изображения. На сегодняшний день оценка и распознавание позы человека широко используется в приложениях виртуальной и дополненной реальности, в различных системах захвата движения.

В качестве решения данных задач сегодня зачастую используют подходы с применением глубокого обучения: сверточные (CNN) и рекуррентные нейронные сети (RNN). Подходы к решению задачи оценки позы человека можно разделить на нисходящие и восходящие. В нисходящих подходах сначала происходит обнаружение людей в кадре, затем оценка позы каждого найденного человека. Алгоритмы, которые относятся к восходящим подходам, на первом этапе выполняют поиск частей тела в кадре, затем производят их группировку в позы. Как правило, для этой задачи применяются сверточные нейронные сети, такие как YOLO (You Look Only Once) [1], SSD (Single Shot Detection) [2], R-CNN (Region CNN) [3] и другие. Они позволяют распознавать множество различных объектов, включая человека или отдельные части тела с высокой точностью. Однако одним из недостатков решений, перечисленных выше, можно назвать их медленную работу, из-за чего они не подходят для использования в системах, работающих в реальное время. Для решения этой проблемы существуют специальные фреймворки (MoveNet [4], MediaPipe [5], OpenPose [6]),

также использующие нейронные сети, оптимизированные для работы в более высокопроизводительных приложениях.

В данной статье описаны компоненты системы захвата движения, отвечающих за оценку и распознавание позы человека.

Для реализации получения кадра с камеры или из видеофайла был создан базовый класс `BaseCamera`. Класс является базовой реализацией для других классов, реализующих работу с камерами и видеофайлами, и позволяет расширить свой функционал в случае необходимости. Работа с видеопотоком осуществляется посредством класса `VideoStream` из библиотеки `OpenCV`. `BaseCamera` включает в себя методы, использованные для управления камерой и ее настройками. Конструктор класса `BaseCamera` принимает номер камеры и(или) имя файла видео. Если имя файла видео задано, то он используется для захвата видео. Если имя файла не задано, то используется камера с указанным номером. Ширина и высота кадра видео могут быть заданы в конструкторе, но если они не заданы, то используются значения по умолчанию.

Захват кадров и их вывод выполняется в отдельном для каждой камеры потоке с помощью метода `process_frames()`. Также были реализованы методы для его управления, и использован сигнализирующий объект `Event` из библиотеки `threading`.

Для этапа получения кадра для последующей обработки с помощью нейронных сетей (`MediaPipe`) был реализован класс `Camera`, унаследованный от `BaseCamera`. Основное отличие `Camera` от базового класса состоит в том, что он имеет объекты для выполнения детекции пользователя.

Процесс обработки кадра в данном классе включает в себя следующие шаги:

1. Получение кадра, реализуется с помощью встроенных методов `OpenCV` `cv2.VideoStream.grab()` для захвата кадра и `cv2.VideoStream.retrieve()` для его получения. Данный способ является более предпочтительным по сравнению с `cv2.VideoStream.read()` для синхронного получения кадров с нескольких камер.

2. Обработка полученного кадра нейронными сетями для последующего нахождения объекта и получения его скелетных точек.

3. Отправка данных о найденных метках в виде массивов точек в объект класса, отвечающего за синхронизацию данных со всех камер.

4. Вывод обработанного изображения.

Так как в работе используются две камеры, необходим объект для синхронизации данных, полученных после обработки кадров, полученных с каждой камеры. Данный функционал выполняет класс `Expert`. Во время запуска приложения инициализируется экземпляр класса `Expert`, в конструкторе класса выполняется инициализация нескольких важных компонентов, отвечающих за управление камерами, хранение данных, полученных в режиме реального времени, запись результатов трехмерной реконструкции, визуализацию. Затем, в методе `start()` выполняется запуск всех камер.

Основной цикл работы класса осуществляется в методе `_watchdog()`, который выполняется в отдельном потоке. Данный метод отслеживает наличие данных в объекте `camera_data`. При наличии данных выполняется их анализ, посредством реализованного для этого класса `Analyzer`.

Для того, чтобы выполнять сбор данных со всех камер класс реализует интерфейс `PointsListener`, предоставляющий абстрактный метод `on_frame_processed()` в котором точки

камеры заносятся в словарь для хранения данных, полученных от конкретной камеры в текущий момент времени.

За обработку кадров, полученных из видеопотока, отвечает базовый класс `Solution` и его классы-наследники `Pose` и `Hand`. Класс `Solution` определяет некоторые общие функции для классов `Pose` и `Hand`, такие как функции рисования и методы поиска и обработки ориентиров.

Класс `Pose` использует модель `MediaPipe Pose` для обнаружения и отслеживания ориентиров человеческого тела в кадре (рис. 1), а класс `Hand` использует модель `MediaPipe Hands` для обнаружения и отслеживания ориентиров рук. Оба класса определяют метод поиска, который принимает входной кадр и возвращает массив координат ориентиров.

Базовая реализация класса `Solution` включает в себя 3 основных метода:

- `find()` – детекция и поиск ключевых ориентиров целевого объекта в кадре;
- `draw()` – метод отрисовки, который можно использовать для отрисовки обнаруженных ориентиров и соединений на входном кадре с помощью утилит рисования `MediaPipe`;
- `get_vectors()` – получение координат векторов целевого объекта;

Взаимодействие между классами `Camera` и `Solution` было реализовано посредством композиции. Для каждой камеры в системе создается свой объект класса `Camera`. Он, в свою очередь, хранит объекты класса `Solution`. После того, как был получен очередной кадр из видеопотока, он обрабатывается объектами класса `Pose` и `Hand`.

Для того, чтобы определить трехмерные положения ключевых ориентиров в пространстве был использован полиномиальный алгоритм [7], реализованный в классе `Analyzer`.

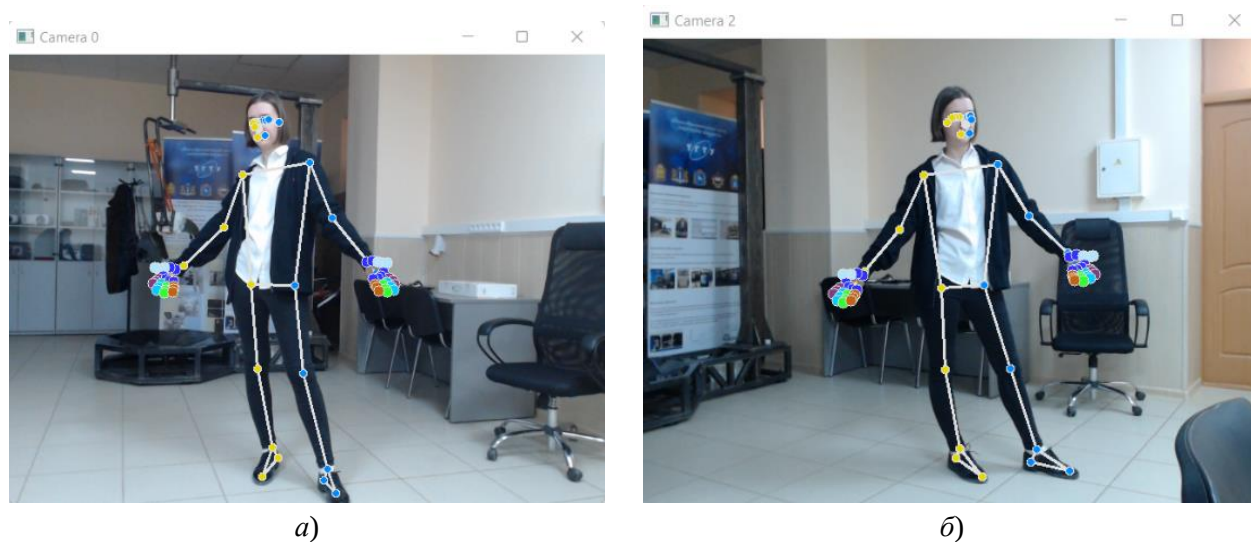


Рис. 1. Обнаружение человека в кадре с первой (а) и второй (б) камеры

После того, как были получены пространственные значения ключевых точек скелета человека, выполняется классификация позы. Для распознавания позы была использована последовательная нейронная сеть, которая состоит из двух скрытых слоев. Для обучения нейронной сети были предварительно собраны данные для трех классов, соответствующих трем состояниям пользователя: положение «стоя», положение «сидя», «Т-поза» (руки в сторону). Для сбора данных были разработаны дополнительные компоненты, отвечающие за работу с файлами `.csv`. Обучающие данные включают в себя 99 признаков (x-, y- и z-координаты).

наты для 33 ориентиров) и одну целевую переменную идентификатора класса положения пользователя.

После того, как нейронная сеть обучена, она может быть интегрирована в различные системы для использования в качестве модуля захвата движений [8, 9].

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках гранта Президента РФ МК-857.2022.1.6.

Список источников

1. Diwan, T. Object detection using YOLO: challenges, architectural successors, datasets and applications / T. Diwan, G. Anirudh, J. V. Tembhurne // *Multimedia Tools and Applications*. – 2022. – P. 1 – 33.
2. SSD: Single shot multibox detector / W. Liu, et al. // *European conference on computer vision*. Springer, Cham – 2016. – P. 21 – 37.
3. Bharati, P. Deep learning techniques – R-CNN to mask R-CNN : a survey / P. Bharati, A. Pramanik // *Computational Intelligence in Pattern Recognition*. – 2020. – P. 657 – 668.
4. Bajpai, R. Movenet: A deep neural network for joint profile prediction across variable walking speeds and slopes / R. Bajpai, D. Joshi // *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. – 2021. – V. 70. – P. 1 – 11.
5. Ghanbari, S. User identification based on hand geometrical biometrics using media-pipe / S. Ghanbari, Z. P. Ashtyani, M. T. Masouleh // *2022 30th International Conference on Electrical Engineering (ICEE), IEEE* – 2022. – P. 373 – 378.
6. A Fall Detection Alert System Based on Lightweight Openpose and Spatial-Temporal Graph Convolution Network / W. Mai, et al. // *Journal of Physics : Conference Series*, IOP Publishing – 2021. – V. 2035, No. 1. – P. 012036.
7. Кудинов, И. А. Реализация алгоритма определения пространственных координат и угловой ориентации объекта по реперным точкам, использующего информацию от одной камеры / И. А. Кудинов, О. В. Павлов, И. С. Холопов // *Компьютерная оптика*. – 2015. – Т. 39, № 3. – С. 413 – 419.
8. Obukhov, A. D. Automated organization of interaction between modules of information systems based on neural network data channels / A. D. Obukhov, M. N. Krasnyanskiy // *Neural Computing and Applications*. – 2021. – V. 33. – P. 7249 – 7269.
9. Control of adaptive running platform based on machine vision technologies and neural networks / A. D. Obukhov, et al. // *Neural Computing and Applications*. – 2022. – V. 34, No. 15. – P. 12919 – 12946.

Д. В. Теселкин, студент, Н. А. Вехтева, студент, А. Ю. Свешников, студент
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОЭНКОДЕРОВ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПО ЦИФРОВОЙ ТЕНИ ДВИЖЕНИЙ ТЕЛА

Аннотация. Рассматривается задача распознавания и идентификации человека по его цифровому слепку, представленному в виде цифровой тени движений его тела. В качестве инструмента решения поставленной задачи рассматриваются нейронные сети типа автоэнкодер. Представлена структурная схема такой сети и алгоритм ее применения. Проведены опытные испытания, доказавшие эффективность предложенного подхода.

Ключевые слова: нейронные сети, цифровые тени человека, автоэнкодеры, распознавание движений.

D. V. Teselkin, Student, N. A. Vekheteva, Student, A. Yu. Sveshnikov, Student
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

THE USE OF AUTOENCODERS FOR HUMAN RECOGNITION BY DIGITAL SHADOW OF BODY MOVEMENTS

Abstract. The problem of recognizing and identifying a person by his digital impression, represented as a digital shadow of his body movements, is considered. Neural networks of the autoencoder type are considered as a tool for solving the problem. A block diagram of such a network and an algorithm for its application are presented. Experimental tests have been carried out, proving the effectiveness of the proposed approach.

Keywords: neural networks, digital shadows of human, autoencoders, motion recognition.

В современных системах анализа и обработки данных, основанных на технологиях компьютерного зрения, успешно решаются задачи распознавания лиц, силуэтов, объектов в различных вариантах: как с выделением области нахождения объекта, так и сегментацией его на ключевые точки или вектора.

Широкое распространение получили такие обученные нейронные сети, как MediaPipe, OpenPose, MoveNet и другие [1], позволяющие осуществить выделение ключевых сегментов тела человека (рук, ног, головы, пальцев), что позволяет разработчикам реализовывать производительные системы распознавания модели тела человека в различных условиях. Однако, если говорить о распознавании конкретного человека из множества всех пользователей, то это требует тщательного анализа лица, сетчатки или иных уникальных идентификационных признаков. В условиях плохой освещенности или закрытого лица данные подходы могут быть неэффективными.

В рамках предыдущих исследований успешно решена задача формирования цифровых теней процесса перемещения человека за счет применения различных систем захвата движений (камер, костюмов motion capture и датчиков) [2, 3]. С учетом размеров собранного датасета появилась возможность проверить гипотезу о возможности распознавания человека по цифровой тени движений его тела. Для проверки данной гипотезы реализован следующий алгоритм.

На первом этапе осуществляется сбор первичных данных о процессе перемещения человека в типовом сценарии в течение заданного времени T . Таким образом фиксируется некоторый типовой паттерн, позволяющий однозначно классифицировать пользователя.

Далее формируется набор данных размером $T \times D$, где D – количество точек цифровой тени модели тела человека. Данные поступают на вход нейронной сети типа автоэнкодер с заданным скрытым слоем H , размещенным в центре нейронной сети. Слой H представляет сжатое представление цифровой тени процесса перемещения. Таким образом, данный слой будет в общем характеризовать конкретного человека с конкретными характеристиками процессов движений. Схема такой нейронной сети для распознавания представлена на рис. 1 и базируется на общепринятой архитектуре автоэнкодеров.

Автоэнкодер включает две внутренние модели: энкодер, используемый для шифрования исходных данных (временной последовательности из наборов точек модели тела человека) в скрытое представление слоя H . Декодер решает обратную задачу, восстанавливая из слоя исходные H данные. Процесс обучения энкодера и декодера осуществляется одновременно, так как при проектировании нейронной сети они объединены в единую модель. В рамках данного исследования четкое разделение на энкодер и декодер необходимо по причине потребности в получении скрытого слоя H без последующего восстановления исходного изображения.

Для организации возможности распознавания человека по базе цифровых теней процессов движения необходимо выполнить следующую проверку. Для каждого человека записываются значения скрытого слоя H после выполнения определенного паттерна движений, которые обозначим как последовательность $H_1, H_2, \dots, H_N$. Далее для текущего пользователя осуществляется расчет слоя H , используя только энкодер обученной нейронной сети. Обозначим его как H^* . Далее проверяется отклонение вектора H^* от каждого из записанных в базе значений $H_i, i = 1, \dots, N$. Если величина отклонения между i -м вектором и H^* меньше определенного порога (обозначим как ε), то вектор H_i с наименьшим отклонением от H^* может быть принят как равнозначный. Тогда текущий пользователь будет соответствовать пользователю с присвоенным вектором H_i .

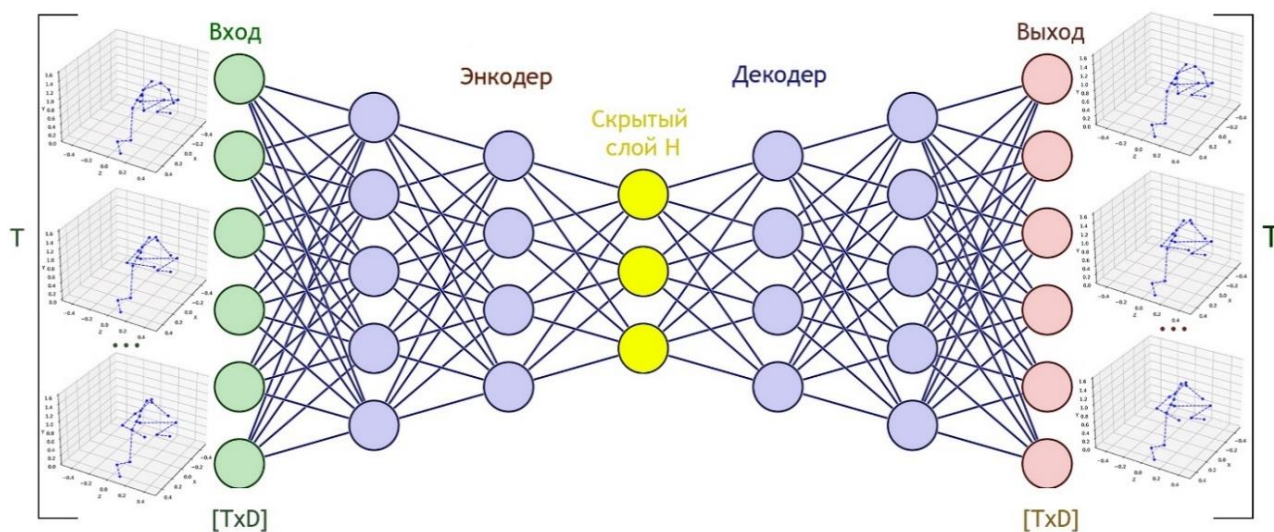


Рис. 1. Схема нейронной сети для распознавания человека по набору данных цифровой тени

Для реализации такого подхода автоэнкодер обучался в течение 50 эпох на собранном датасете цифровых теней, среднеквадратичная ошибка после обучения составила меньше 0,001. Процедура обучения основана на том, что вход и выход модели идентичные, таким образом, веса скрытых слоев подстраиваются для обеспечения соответствия входных данных таким же данным на выходе модели.

После обучения модели нейронной сети были проведены экспериментальные исследования по следующему типовому паттерну: человек стоит ровно, делает два шага вперед, разворачивается, возвращается на исходную позицию, после чего повторяет это действие, но по другой оси (рис. 2).



Рис. 2. Раскадровка паттерна движений для распознавания человека

Далее были записаны 5 эталонов от 5 испытуемых, данные скрытых слоев сохранены. Для валидности эксперимента на следующий день были проведены контрольные измерения в течение 10 раз с различными значениями ϵ : 10 и 20% отклонения от значений записанного ранее эталона. Результаты данных испытаний представлены на рис. 3.

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы. Величина ϵ напрямую определяет чувствительность автоэнкодера, большее значение позволяет (с учетом небольшого объема тестовой выборки) классифицировать конкретного человека. С другой стороны, на большой выборке это может привести к ошибочным распознаваниям.

В итоге получена средняя точность распознавания в размере 66% для $\epsilon = 10$ и 78% для $\epsilon = 20\%$, что подтверждает возможность использования собранных в цифровую тень данных в качестве идентификатора пользователя при выполнении им определенного паттерна действий, однако данный показатель может быть улучшен в ходе дополнительных исследований по выбору паттернов движения, архитектуры автоэнкодера.

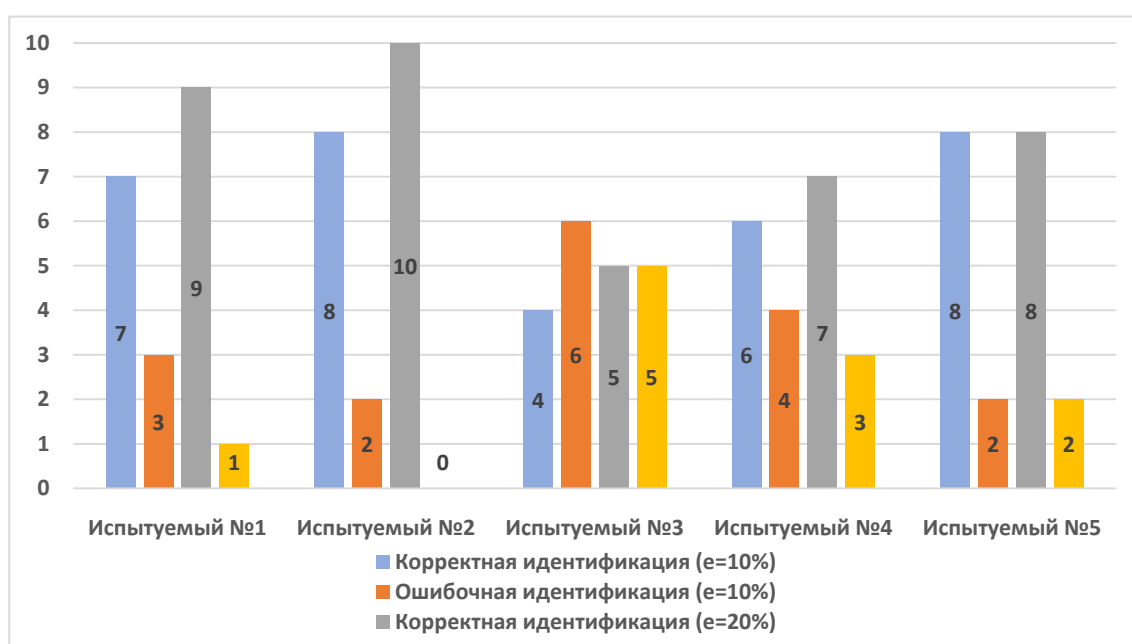


Рис. 3. Результаты испытаний по проверке возможности распознавания человека по базе цифровых теней

Таким образом, успешно апробирована архитектура автоэнкодера для решения задачи распознавания человека по характеру его движений за счет собранных ранее данных цифровой тени.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-71-10057, <https://rscf.ru/project/22-71-10057>.

Список источников

1. Chung, J. L. Comparative Analysis of Skeleton-Based Human Pose Estimation / J. L. Chung, L. Y. Ong, M. C. Leow // *Future Internet*. – 2022. – V. 14, No. 12. – P. 380.
2. Human motion capture algorithm for creating digital shadows of the movement process / A. D. Obukhov, et al. // *Journal of Physics: Conference Series*. – IOP Publishing, 2022. – V. 2388, No. 1. – P. 012033.
3. Modeling of Nonlinear Dynamic Processes of Human Movement in Virtual Reality Based on Digital Shadows / A. D. Obukhov, et al. // *Computation*. – 2023. – V. 11, No. 5. – P. 85.

М. А. Шильцын, студент, **Ю. В. Никитников**, студент,
В. С. Круглов, студент, **А. О. Назарова**, студент
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ВОЗМОЖНОСТЬ ЗАМЕЩЕНИЯ МЕДИЦИНСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ОФТАЛЬМОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Аннотация. Рассматривается концепция замещения комплексов лечения и профилактики офтальмологических заболеваний посредством виртуальной реальности для решения задачи повышения степени вовлеченности детей в процесс устранения нарушений зрения на примере косоглазия.

Ключевые слова: виртуальные тренажеры, корректировка зрения, медицинское оборудование.

M. A. Shilcin, Student, **Yu. V. Nikitnikov**, Student,
V. S. Kruglov, Student, **A. O. Nazarova**, Student
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

THE POSSIBILITY OF REPLACING MEDICAL EQUIPMENT IN OPHTHALMOLOGY USING VIRTUAL REALITY

Abstract. The concept of substitution of complexes of treatment and prevention of ophthalmic diseases by means of virtual reality is considered to solve the problem of increasing the degree of involvement of children in the process of eliminating visual impairments on the example of strabismus.

Keywords: virtual simulators, vision correction, medical equipment.

Косоглазие (страбизм) – это патология зрения, при которой фокус каждого глаза приходится на разные точки, в результате чего мозг не может сложить изображения с глаз в цельную картину.

На данный момент для коррекции косоглазия в большинстве случаев используется синоптофор [1]. Принцип его работы заключается в подаче на каждый глаз частей одного изображения, которые человеку необходимо совместить (рис. 1).



Рис. 1. Синоптофор

Однако, большинство детей не отличаются усидчивостью и им трудно длительное время сохранять концентрацию при лечении косоглазия на синоптофоре. Для решения данной проблемы в настоящее время используются компьютерные системы, в которых есть некоторое разнообразие упражнений, которые помогают поддерживать заинтересованность детей в тренировке (рис. 2) [2].



Рис. 2. Пример приложения для корректировки косоглазия

Хотя данные приложения справляются с возложенной на них задачей, развитие технологий значительно подняло планку ожиданий детей от игр, которые способны удержать их внимание.

Виртуальная реальность и современные игровые движки позволяют уйти от простых 2D-изображений и погрузить пользователя в 3D-мир и захватить внимание ребенка, предоставив ему больше возможностей для взаимодействия с внутриигровым миром [3 – 5]. В рамках данной работы рассматриваются возможности замещения классических комплексов на основе медицинского оборудования программными системами и платформами виртуальной реальности (VR) в сфере офтальмологии. Платформа виртуальной реальности предоставляет возможность реализовать тренировки как в традиционном (2D) стиле (рис. 3), так и в 3D (рис. 4).

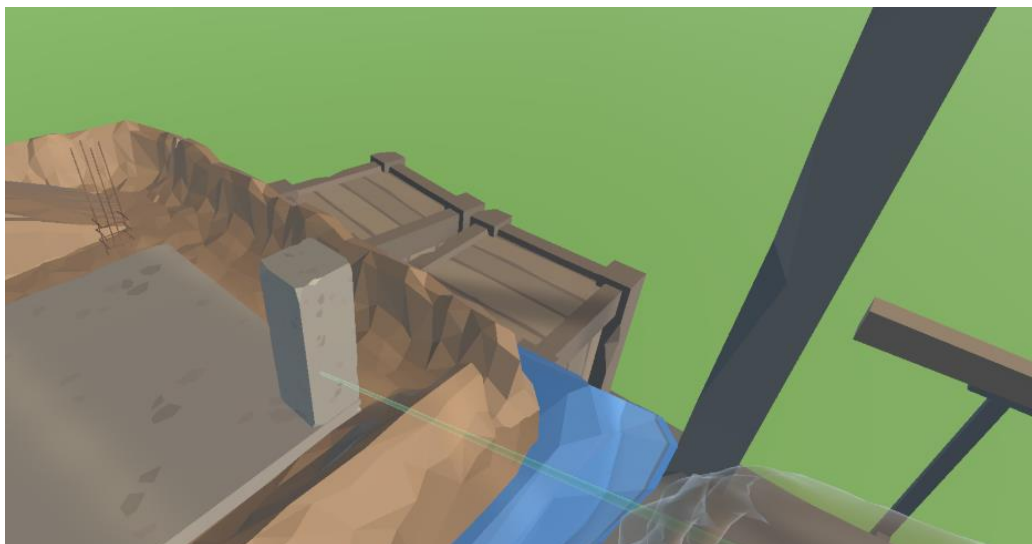


а)

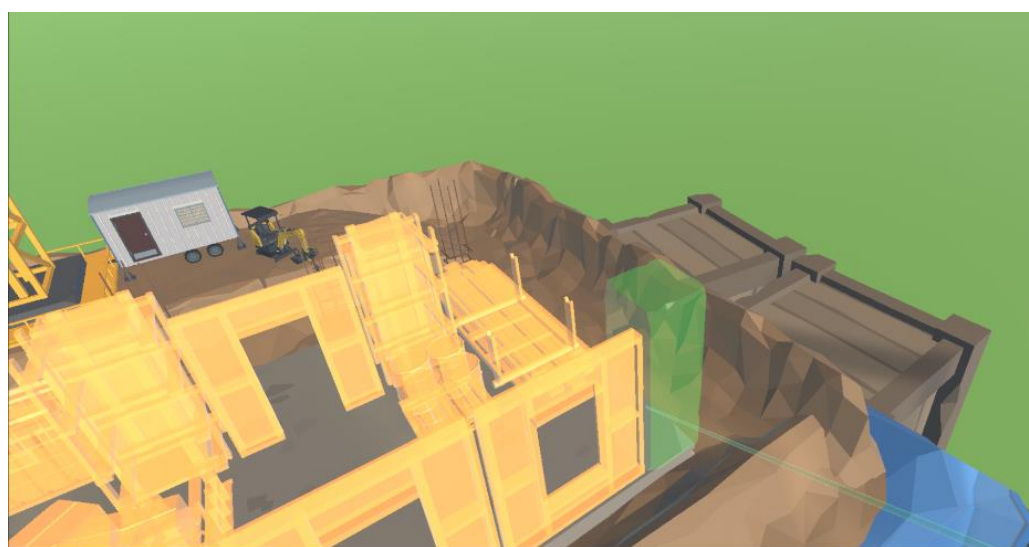


б)

Рис. 3. Совмещение картинок:
а – левый глаз; *б* – правый глаз



а)



б)

Рис. 4. Совмещение 3D-объектов:

а – левый глаз; б – правый глаз

На основе представленной выше специфики процесса профилактики и лечения глазных заболеваний, было реализовано VR приложение. Функционально оно похоже на оба вышеизложенных метода – изображения, транслируемые на линзы шлема виртуальной реальности, отличаются у правого и левого глаза некоторыми деталями. Так как оно имитирует синоптофор и компьютерные приложения, предполагается, что приложения виртуальной реальности способны заменить некоторые привычные средства в корректировке зрения.

Таким образом, представленная программная платформа может быть использована в офтальмологии для лечения и профилактики как дополнительный инструмент с повышенной мотивационной составляющей.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках проекта «Разработка медицинских VR тренажерных систем для обучения, диагностики и реабилитации» (№ 122012100103-9).

Список источников

1. Subharngkasen, I. Successful amblyopia therapy by using synoptophore / I. Subharngkasen // Journal-medical association of thailand. – 2003. – V. 86. – P. 556 – 562.
2. Zhang, J. Comparing the effectiveness of internet visual perception training system and synoptophore training for patients binocular visual function after strabismus surgery / J. Zhang // International Eye Science. – 2019. – P. 339 – 341.
3. Optimization of the learning process on adaptive training complexes / S. Karpushkin et al. // International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM. – 2019. – V. 19, No. 5.4. – P. 229 – 236.
4. The study of virtual reality influence on the process of professional training of miners / A. D. Obukhov et al. // Virtual Reality. – 2022. – P. 1 – 25.
5. Design of Simulators for Automated Information Systems of Engineers' Training / M. N. Krasnyanskiy et al. // Journal of Applied Sciences. – 2014. – V. 14, No. 21. – P. 2674 – 2684.

6. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, ИННОВАЦИОННАЯ ЭНЕРГЕТИКА, «ЗЕЛЕНАЯ» ЭНЕРГЕТИКА И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ

УДК 537.58
ББК В377.13

Д. С. Баршутина, студент, В. В. Еремин, аспирант,
С. Н. Баршутин, канд. техн. наук, доцент
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ТЕРМОЭМИССИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПЛАМЕНИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Аннотация. Рассмотрены вопросы ионизации пламени в условиях электрического поля. Установлены факторы, влияющие на степень ионизации пламени. Проведен анализ влияния термоэмиссионных процессов на степень ионизации пламени. Выведено соотношение для определения количества электронов, выходящих за единицу времени.

Ключевые слова: ионизация пламени, термоэлектронная эмиссия, электрическое поле, электроны.

D. S. Barshutina, Student, V. V. Eremin, Graduate Student,
S. N. Barshutin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

THERMAL EMISSION PROCESSES IN A FLAME UNDER THE INFLUENCE OF AN ELECTRIC FIELD

Abstract. The issues of flame ionization under electric field conditions are considered. The factors influencing the degree of flame ionization have been established. The influence of thermionic emission processes on the degree of flame ionization is analyzed. A ratio is derived to determine the number of electrons leaving per unit of time.

Keywords: flame ionization, thermionic emission, electric field, electrons.

Области использования термоэмиссионных процессов, как правило, ограничены применением в вакуумной электронной технике. Это связано с возможностью существования электрона в несвязанном состоянии в условиях различной степени вакуума достаточно длительное время. Кроме того, в условиях разряженного газа электрон обладает большой длиной свободного пробега, что позволяет оказывать на него различные управляющие воздействия. В условиях пламени с нормальным давлением длина свободного пробега у электрона сотые доли микрометра, если считать до столкновения с нейтральной молекулой. Но в условиях пламени электрон может передать только часть своей кинетической энергии молекуле, при этом оставаясь свободным. Поэтому можно ввести понятие средней длины пробега электрона.

трона от момента ионизации до момента рекомбинации λ_r . В этом случае величина λ_r будет сильно зависеть от степени ионизации пламени.

Анализ различных источников [1 – 3] показал, что при температуре пламени 1650 К концентрация свободных электронов находится в области 10^8 моль⁻¹. При такой концентрации свободных электронов будет λ_r настолько высоким, что время жизни ионизированного состояния будет находиться в пределах 1 мс. Таким образом, любой источник свободных электронов будет ощутимо повышать общую степень ионизации пламени.

Исследователи [4] в качестве такого источника определяли конденсированные частицы, образуемые в пламени.

В случае воздействия на пламя электрического поля в него вводятся электроды, которые приобретают температуру, достаточную для возникновения эффекта термоэлектронной эмиссии. В случае если напряженность электрического поля будет достаточной для выхода электронов из катода, к эффекту термоэлектронной эмиссии с электродов присоединится эффект электронной эмиссии, который может иметь более высокие плотности тока.

Плотность тока в результате термоэлектронной эмиссии можно представить в виде выражения разработанного на основе уравнений, представленных в источнике [5]:

$$J = 120 \frac{m_{ef}}{m_e} T^2 \exp \left(-ek_B^{-1} T^{-1} \left(\varphi - \frac{\left(2k_B T N_s \left(\frac{e(\varphi - V)}{k_B T} \right)^{0,5} \right)^{0,5}}{4\pi \epsilon_s^{1,5}} \right) \right) \left(\exp \left(\frac{Ve}{k_B T} \right) - 1 \right), \quad (1)$$

где m_{ef} – эффективная масса электрона; m_e – масса электрона в свободном состоянии; e – заряд электрона; φ – работа выхода электрона из металла; N_s – концентрация электронов в приповерхностной области электрода в условиях $V = 0$, V – напряжение на электроде; ϵ_s – диэлектрическая постоянная.

Количество электронов, вышедших из электрода в результате термоэлектронной эмиссии при известной плотности тока, можно определить по формуле:

$$n_{ve} = \frac{JtS}{e}, \quad (2)$$

где n_{ve} – количество электронов, покидающих поверхность электрода с площади S за время t .

Проведем оценку концентрации электронов в результате термоэлектронной эмиссии. Для этого по формуле плотности тока (1) и формуле (2) определим количество электронов, которое покидает электрод за единицу времени. В качестве исходных данных зададим температуру 1650 К, потенциал молибденового электрода 3,5 В, у которого работа выхода 4,2 эВ. Площадь электрода 0,785 мм². Предварительный расчет при заданных параметрах показал, что количество термоэмиссионных электронов с заданной площади покинут поверхность электрода $n_{ve} = 1,03 \cdot 10^{18}$ с⁻¹. Однако, возможно, не все термоэмиссионные электроны будут участвовать в проводимости пламени, так как в процессе движения в объеме газа происходят процессы рекомбинации. Существенную роль в рекомбинационных процессах играет время жизни электронов, которое, в свою очередь, существенно зависит от степени иони-

зации газовой среды и длины свободного пробега электрона [6]. Например, время жизни в пламени при температуре 1650 К в зависимости от степени ионизации может находиться в пределах от единиц наносекунд до нескольких секунд. В условиях $n_{ve} = 1,03 \cdot 10^{18}$ концентрация электронов в межэлектродном пространстве будет равна $3,418 \cdot 10^{15}$ моль⁻¹. Тогда время жизни составит $2,7 \cdot 10^{-4}$ с.

Таким образом, термоэлектронная эмиссия в межэлектродном пространстве пламени повысит концентрацию электронов примерно в 10^7 раз.

Список источников

1. Еремин, В. В. Исследование времени жизни ионизированного состояния атомов в пламени / В. В. Еремин, С. Н. Баршутин // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы VIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов, Тамбов, 16–17 ноября 2021 года. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2021. – С. 101–102.
2. Баршутин, С. Н. Воздействие термоэлектронной эмиссии углеродных частиц на степень ионизации пламени / С. Н. Баршутин, Э. А. Мешкова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2019. – Т. 25, № 1. – С. 155 – 160.
3. Кукин, П. П. Теория горения и взрыва : учебное пособие для вузов / П. П. Кукин, В. В. Юшин, С. Г. Емельянов. – М. : Юрайт, 2013. – 435 с.
4. Полетаев, Н. И. Образование конденсированных продуктов сгорания в пылевых пламенах металлов: стадия коагуляции / Н. И. Полетаев // Физика горения и взрыва. – Т. 51, № 4. – 2015. – С. 51 – 65.
5. Thermionic field emission at electrodeposited Ni-Si Schottky barriers / M. E. Kiziroglou, X. Li, A. A. Zhukov, et al. – 2008. – V. 52, No. 7. – P. 1032 – 1038.

А. О. Сухова, канд. техн. наук, доцент,
А. В. Козачек, канд. пед. наук, доцент, зав. кафедрой,
М. М. Дудышева, студент
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ ИЗ ОПАВШИХ ЛИСТЬЕВ КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Аннотация. Рассмотрены проблемы вырубки лесов и большого количества органических отходов. Для решения проблемы предложено использовать опавшие листья как дополнительный источник энергии для отопления жилых помещений.

Ключевые слова: вырубка лесов, опавшие листья, брикеты, отопление.

A. O. Sukhova, Associate Professor, **A. V. Kozachek**, Ph. D. Sc., Associate Professor,
M. M. Dudysheva, Student
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

PRODUCTION OF FUEL BRIQUETTES FROM FALLEN LEAVES AS AN ADDITIONAL SOURCE OF ENERGY FOR HEATING RESIDENTIAL PREMISES

Abstract. This paper addressed issues such as deforestation and large amounts of organic waste, to solve the problem, the use of fallen leaves as an additional source of energy was proposed.

Keywords: deforestation, fallen leaves, briquettes, heating.

Четверть лесного покрова мира занимают леса России. Всего в России насчитывается около 800 миллионов гектаров лесов, что составляет половину территории нашей страны.

Согласно статистическим данным, в России вырубаются большие территории леса. Так, например, в 2016 году официальная вырубка леса составила только 213,8 млн. м³. В 2018 году этот показатель вырос до 233,8 млн. м³ [1].

Среди распространенных причин вырубки деревьев стоит отметить следующие:

- древесина имеет высокую ценность как строительный материал, сырье для бумаги, картона;
- использование древесины для отопления негазифицированных домов, хозяйственных построек.

Проблема вырубки лесов в России стоит на первом месте. По статистике, каждый год люди отвозят на свалки до 8 млн. т городских листьев [2]. Кроме того, в большинстве случаев, люди выбрасывают листья в пластиковых мешках, которые очень долго не разлагаются и отравляют окружающую среду. С целью сокращения вырубки студенты кафедры «Природопользования и защита окружающей среды» предложили решение по утилизации органических отходов, а именно, использовать опавшие листья в качестве дополнительного источни-

ка энергии для отопления жилых помещений. Первоочередная задача – это уменьшение органических и пластиковых отходов, также уменьшение вырубki лесов с помощью брикетов из опавших листьев.

Брикеты из опавших листьев предполагается использовать для отопления негазифицированных домов, хозяйственных построек. Такая альтернатива топлива позволит сократить вырубку деревьев, а также минимизировать органические отходы [3]. Возможно массовое производство.

Для создания топливного брикета были предложены различные пресс-формы. Одна пресс-форма предложена в виде прямоугольника, другая же форма – в виде цилиндра. Пресс-форма в виде прямоугольника представлена на рис. 1. Пресс-форма в виде цилиндра представлена на рис. 2.



Рис. 1. Пресс-форма в виде прямоугольника



Рис. 2. Пресс-форма в виде цилиндра

Сырьем для прямоугольного брикета являются сырые листья различных пород деревьев. После прессования брикет отправлялся в муфельную печь, которая находится в лаборатории кафедры «Природопользование и защита окружающей среды». Для надежности и сохранения формы брикет обвязан пеньковым шпагатом, который также является экологически безопасным. Пенька – это уникальный природный материал. Когда шпагат впитывает влагу, то он не набухает; его еще используют в морской отрасли [4]. Брикет прямоугольной формы представлен на рис. 3.



Рис. 3. Брикет прямоугольной формы

Цилиндрический брикет изготовлен из сырых листьев с добавлением макулатуры в соотношении 3:1. В данной вариации брикета макулатура являлась дополнительным связующим веществом для большей устойчивости формы. После формирования в пресс-форме брикет отправлялся в муфельную печь. Брикет цилиндрической формы представлен на рис. 4.



Рис. 4. Брикет цилиндрической формы

Данный продукт может быть использован как альтернатива дровам и углю для отопления негазифицированных помещений. Сравнение различных видов топлива, а именно, их теплота сгорания, процент зольности и содержание углекислого газа представлены в табл. 1.

1. Сравнение различных видов топлива

Вид топлива	Теплота сгорания, МДж/кг	% золы	Углекислый газ, кг/ГДж
Каменный уголь	15...25	10...35	60
Дрова	17,5	5	0
Пеллеты (торфяные)	10	20	70
Брикеты из смешанных листьев	14,5	4	0

В данной таблице 0 означает, что при сжигании продукта количество выделяемого CO₂ не превышает объема, который образуется при естественном разложении, а количество других вредных выбросов ничтожно мало.

Таким образом, в результате исследованного решения предложенный способ рационального использования опавших листьев в качестве топлива позволяет уменьшить органические отходы, также за счет данного решения может быть уменьшена вырубка лесов.

Список источников

1. Comfort-invest.ru – Вырубка леса в России статистика 2023 год [Электронный ресурс]. – URL : https://comfort-invest.ru/vyrubka/vyrubka-lesa-v-rossii-statistika-2019-god.html?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F (дата обращения: 26.05.2023).
2. Ecoportal.info – Вырубка лесов – проблема, последствия и пути решения [Электронный ресурс]. – URL : <https://ecoportal.info/vyrubka-lesov/> (дата обращения: 27.05.2023).
3. Hi-news.ru – Ученые рассказали, почему нельзя выбрасывать осенние листья [Электронный ресурс]. – URL : <https://hi-news.ru/eto-interesno/uchenye-rasskazali-pochemu-nelzya-vybrasyvat-osennie-listya.html> (дата обращения: 27.05.2023).
4. Kanatkapronovyy.ru – Шпагат джутовый, льнопеньковый, полипропиленовый, пеньковый, льняной [Электронный ресурс]. – URL : <https://kanatkapronovyy.ru/shpagaty.php> (дата обращения: 28.05.2023).

References

1. Comfort-invest.ru – Deforestation in Russia statistics 2023 [Electronic resource]. – URL : https://comfort-invest.ru/vyrubka/vyrubka-lesa-v-rossii-statistika-2019-god.html?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F (accessed date: 26.05.2023).
2. Ecoportal.info – Deforestation is a problem, consequences and solutions [Electronic Resource]. – URL : <https://ecoportal.info/vyrubka-lesov/> (accessed date: 27.05.2023).
3. Hi-news.ru – Scientists told why autumn leaves should not be thrown away [Electronic resource]. – URL : <https://hi-news.ru/eto-interesno/uchenye-rasskazali-pochemu-nelzya-vybrasyvat-osennie-listya.html> (accessed date: 27.05.2023).
4. Kanatkapronovyy.ru – Jute twine, flax, polypropylene, hemp, linen [Electronic resource]. – URL : <https://kanatkapronovyy.ru/shpagaty.php> (accessed date: 28.05.2023).

В. В. Еремин, аспирант, **Д. С. Баршутина**, студент,
С. Н. Баршутин, канд. техн. наук, доцент
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДАВЛЕНИЯ НА ВРЕМЯ ЖИЗНИ ИОНИЗИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В СРЕДЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

Аннотация. Рассмотрено влияние давления в области горения различного вида топлива на время жизни ионизированного состояния. Выведено соотношение между параметрами пламени, а, в частности, давлением пламени и временем жизни ионизированного состояния ионов в пламени. На примере среды углекислого газа построены зависимости этого влияния и определены пути, позволяющие через давление управлять степенью ионизации пламени.

Ключевые слова: время жизни, ионизация, рекомбинация, сечение рекомбинации, пламя, горение.

V. V. Eremin, Ph. D Student, **D. S. Barshutina**, Student,
S. N. Barshutin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF PRESSURE ON LIFE TIME IONIZED STATE IN A CARBON DIOXIDE ENVIRONMENT

Annotation. The influence of pressure in the combustion region of various types of fuel on the lifetime of the ionized state is considered. Gorenje The relationship between the parameters of the flame, and in particular the flame pressure, and the lifetime of the ionized state of ions in the flame is derived. Using the example of a carbon dioxide medium, the dependences of this influence are constructed and the ways that allow controlling the degree of flame ionization through pressure are determined.

Keywords: lifetime, ionization, recombination, recombination cross-section, flame, gorenje.

Процессы получения тепловой и электрической энергии, в основном, базируются на горении традиционных видов топлива. Эффективность этого процесса зависит от многих параметров, начиная от конструкции устройства и заканчивая физико-химическими параметрами топлива и окислительной среды. Возможность управления параметрами горения позволит установить оптимальные параметры процесса горения, при котором потенциальная энергия топлива с максимально возможной эффективностью преобразовывалась в тепловую или электрическую энергию. Традиционно расчет горения топлива осуществляют с позиции термодинамики процесса. При этом совсем не учитываются процессы ионизации молекул и рекомбинации ионов пламени. Одним из параметров, определяющих степень ионизации пламени, является время жизни ионизированного состояния молекулы.

В связи с этим рассмотрим влияние давления на время жизни ионизированного состояния на примере углекислого газа.

Анализ литературы выделил несколько источников, из которых можно вывести соотношение для определения времени жизни ионизированного состояния [1 – 3]. В первом источнике [1] К. М. Белотский с соавторами предложил классический метод определения

сечения рекомбинации, которое можно использовать при определении вероятности взаимодействия электрона и иона при определении длины свободного пробега [3]

$$\lambda_{\text{ср}} = \frac{\ln(1 - p_{0,5})}{\ln \left(\frac{\pi \sigma_r^2}{3 \sqrt{\left(\frac{RT}{pn_i} \right)}} \right)} \left(3 \sqrt{\left(\frac{RT}{pn_i} \right)} \right), \quad (1)$$

где R – универсальная газовая постоянная; T – температура; p – давление газа; n_i – количество ионизированных ионов в одном моле вещества; σ_r – сечение рекомбинации; $p_{0,5}$ – вероятность взаимодействия электрона и иона при прохождении средней длины пробега $\lambda_{\text{ср}}$.

Тогда время жизни ионизированного состояния можно определить из следующего соотношения [3]:

$$\tau_i = \frac{\lambda_{\text{ср}}}{\sqrt{\frac{3kT}{m_e}}}, \quad (2)$$

где k – постоянная Больцмана; m_e – масса электрона.

Рассмотрим зависимости времени жизни в диапазоне от 10 до 10^5 Па. Этот диапазон относится к давлениям разреженного газа, соответственно, при горении для его организации необходимо применять специальные устройства, например вакуумные насосы. Результат моделирования в условиях пламени с температурой 1300 К и степенью ионизации 10^8 моль $^{-1}$ представлен на рис. 1.

Предварительный анализ формул (1), (2) показал высокую зависимость времени жизни ионизированного состояния молекул от давления в частично ионизированном газе. Как видно из графика рис. 1, при значениях давления, близких к атмосферному, время жизни имеет значение порядка 10^{-3} с.

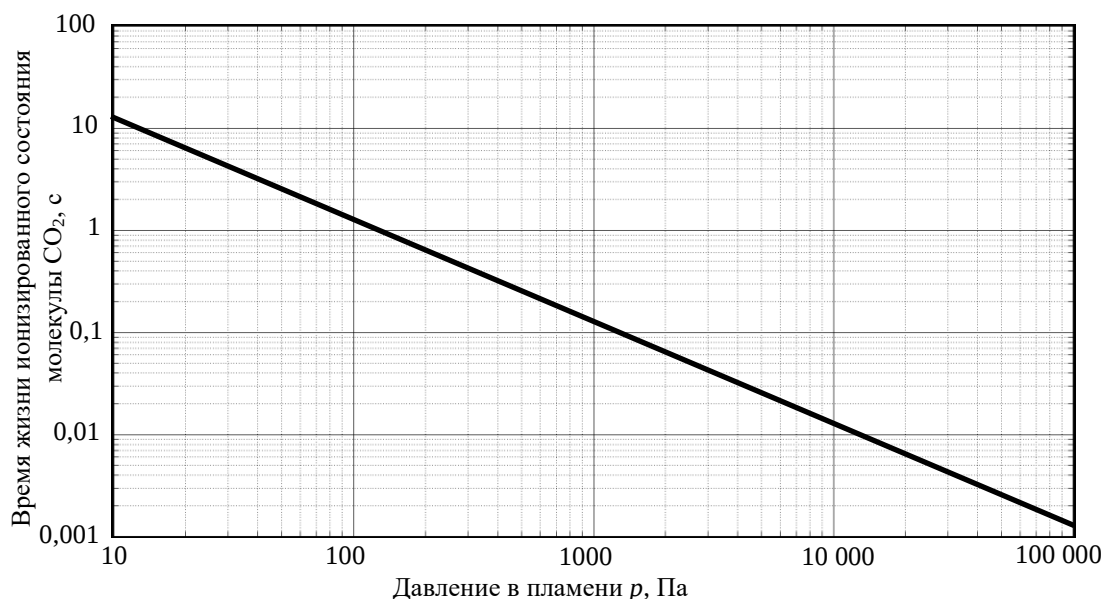


Рис. 1. График зависимости времени жизни ионизированного состояния от давления в пламени в диапазоне от 10 до 100 000 Па

Соответственно, для увеличения времени жизни ионизированного состояния молекулы необходимо понизить давление. Это приведет к повышению степени ионизации. Однако, при снижении давления уменьшается количество энергии, выделяемое при горении топлива, а, соответственно, это приведет к уменьшению температуры пламени. Для учета этого фактора необходимо провести дополнительные исследования по влиянию давления на температуру и степень ионизации пламени.

Список источников

1. Belotsky, K. M. On the classical description of the recombination of dark matter particles with a Coulomb-like interaction / K. M. Belotsky, E. A. Esipova, A. A. Kirillov // Physics Letters B. – 2016. – С. 81 – 86.
2. Bronson, P. F. Classical radiative electron capture by a proton / P. F. Bronson, J. E. Sipe // J. Phys. A: Math. Gen. 19. – 1986. – С. 1577 – 1582.
3. Еремин, В. В. Исследование времени жизни ионизированного состояния атомов в пламени / В. В. Еремин, С. Н. Баршутин // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы VIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов, Тамбов, 16–17 ноября 2021 года. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2021. – С. 101–102.

Н. В. Земцова, аспирант, **А. В. Щегольников**, канд. техн. наук, доцент,
П. Н. Никулин, аспирант
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ТЕПЛОВЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ НА ОСНОВЕ ТЕРМОМАГНИТНОЙ КОНВЕКЦИИ ДЛЯ СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Аннотация. Новые технические решения для создания энергоэффективных материалов и устройств позволят существенным образом улучшить экономическую эффективность целого ряда технологических процессов в промышленной сфере и АПК. К таким техническим решениям относятся теплоаккумулирующие материалы, создаваемые на основе новых физических принципов и междисциплинарных подходов. В статье представлены исследования, связанные с возможностью реализации эффекта термомангнитной конвекции с применением многослойных углеродных нанотрубок (МУНТ), синтезированных с помощью катализатора Fe-Co/Al₂O₃ по технологии CVD, для модификации парафина. Для синтезированных МУНТ характерно насыщение поверхности частицами железа, что формирует в теплоаккумулирующем материале ферромагнитные свойства. Наномодифицированный парафин гранулировался и распределялся в жидком силиконовом масле. За счет частиц железа в МУНТ гранулы наномодифицированного парафина утяжелялись, что позволило им равномерно распределиться в силиконовом масле. Исследование распределения температурных полей в тепловом аккумуляторе в режиме накопления тепловой энергии с гранулированным наномодифицированным парафином в условиях термомангнитной конвекции проводили с использованием бесконтактного метода измерения температуры на основе тепловизора Fluke TiS60 и обработкой полученных термограмм в программе Smart View 4.4.363. Для использования тепловых аккумуляторов на основе термомангнитной конвекции не требуется подключение электрического питания, что позволяет размещать кассеты с таким теплоаккумулирующим материалом в вакуумной сушильной установке.

Ключевые слова: углеродные нанотрубки, энергосбережение, тепловые аккумуляторы, сушильная установка, термомангнитная конвекция.

N. V. Zemtsova, Graduate Student, **A. V. Shchegolkov**, Ph. D., Associate Professor,
P. N. Nikulin, Graduate Student
Tambov State Technical University (Russia, Tambov)

THERMAL ACCUMULATORS BASED ON THERMOMAGNETIC CONVECTION FOR DRYING PLANTS

Abstract. New technical solutions for the creation of energy-efficient materials and devices will significantly improve the economic efficiency of a number of technological processes in the industrial sphere and agro-industrial complex. Such technical solutions include heat-accumulating materials created on the basis of new physical principles and interdisciplinary approaches. The paper presents studies related to the possibility of realizing the effect of thermomagnetic convection using multilayer carbon nanotubes (MWCNTs) synthesized using Fe-Co/Al₂O₃ catalyst by CVD technology for paraffin modification. The synthesized MWCNTs are characterized by surface saturation with iron particles, which forms ferromagnetic properties in the heat storage material. The nanomodified paraffin was pelletized and distributed in liquid silicone oil. Due to the iron particles in the MWCNTs, the nanomodified paraffin granules were weighted, which allowed them to be evenly distributed in the silicone oil. The study of temperature field distribution in

the thermal accumulator in the thermal energy storage mode with granulated nanomodified paraffin in the conditions of thermomagnetic convection was carried out using a non-contact method of temperature measurement on the basis of Fluke TiS60 thermal imager and processing of the obtained thermograms in the program Smart View 4.4.363. Thermomagnetic convection-based heat accumulators do not require an electrical power supply, which makes it possible to place cassettes with such heat storage material in a vacuum drying unit.

Keywords: carbon nanotubes, energy saving, thermal accumulators, drying plant, thermomagnetic convection.

Переход к новым технологическим формациям в промышленных технологиях и агропромышленном комплексе (АПК), которые полным образом соответствуют подходам устойчивого развития (Индустрия 4.0), требует появления новых технических решений для создания энергоэффективных материалов и устройств. К такому типу материалов относятся теплоаккумулирующие материалы. Для реализации эффективных теплоаккумулирующих материалов требуются инновационные технические решения, а именно применение новых физических принципов и междисциплинарных подходов.

В случае процесса теплоаккумулирования и выделения тепла в течение короткого периода времени возникает задача увеличения скорости теплопередачи [1]. Теплопроводность теплоаккумулирующих материалов находится в диапазоне от 0,2 до 0,6 Вт/(м·°C), что является ограничивающим фактором, влияющим на ухудшение теплопередачи [2]. К доступным методам улучшения теплопередачи внутри теплоаккумулирующих материалов с использованием стационарных конструкций относятся: металлическое оребрение, пена или соты; дисперсия твердых частиц, таких как наночастицы или порошок [3]. Применяя до 30% по объему усилителей теплопроводности, можно уменьшить время плавления и затвердевания теплоаккумулирующего материала с 10 до 50%.

Другим методом улучшения теплопроводности теплоаккумулирующих материалов является использование углеродных наноматериалов и применение капсулирования [4].

В работе [5] обсуждается применение метода диспергирования наночастиц в теплоаккумулирующих материалах в целях повышения теплопроводности композита. Среди различных типов наночастиц наночастицы на основе углерода (из-за их высокой теплопроводности и значительно более низкой плотности) набирают популярность в качестве подходящих усилителей теплопроводности теплоаккумулирующих материалов.

В работе [6] показана двойная функциональность теплоаккумулирующих материалов для поглощения и хранения солнечной фототермии в виде суспензии/дисперсии микро/нанокapsулированных материалов с фазовым переходом.

В работе [7] проведено сравнение теоретических моделей фазового перехода и аккумулялирования явного тепла для воздушных и водяных систем солнечного отопления, что позволяет сделать выводы о потенциале развития тепловых аккумуляторов.

Улучшение режимов заряда/разряда теплового аккумулятора может быть достигнуто за счет управления внутренней структурой. В работе [8] представлены исследования наномодифицированных теплоаккумулирующих материалов, управляемых магнитным полем. В качестве материалов, обладающих теплоаккумулирующими свойствами, были использованы парафин и МУНТ, полученные с применением катализатора Co-Mo/Al₂O₃-MgO по технологии CVD.

Целью исследований является получение тепловых аккумуляторов с эффектом термомагнитной конвекции для сушильных установок.

Методы и материалы. Для модификации парафина были использованы МУНТ, синтезированные на $\text{Fe-Co/Al}_2\text{O}_3$ (рис. 1, *а*) по технологии CVD. Для синтезированных МУНТ характерно насыщение частицами железа поверхности, что повышает ферромагнитные свойства теплоаккумулирующего материала. Наномодифицированный парафин гранулировался и распределялся в жидком силиконовом масле (рис. 1, *б*). За счет частиц железа в МУНТ гранулы наномодифицированного парафина утяжелялись, что позволило им равномерно распределиться в силиконовом масле. В нижней части емкости, где распределялся гранулированный теплоаккумулирующий материал в силиконовом масле, располагался неодимовый магнит (цилиндрической формы с диаметром 3 см).

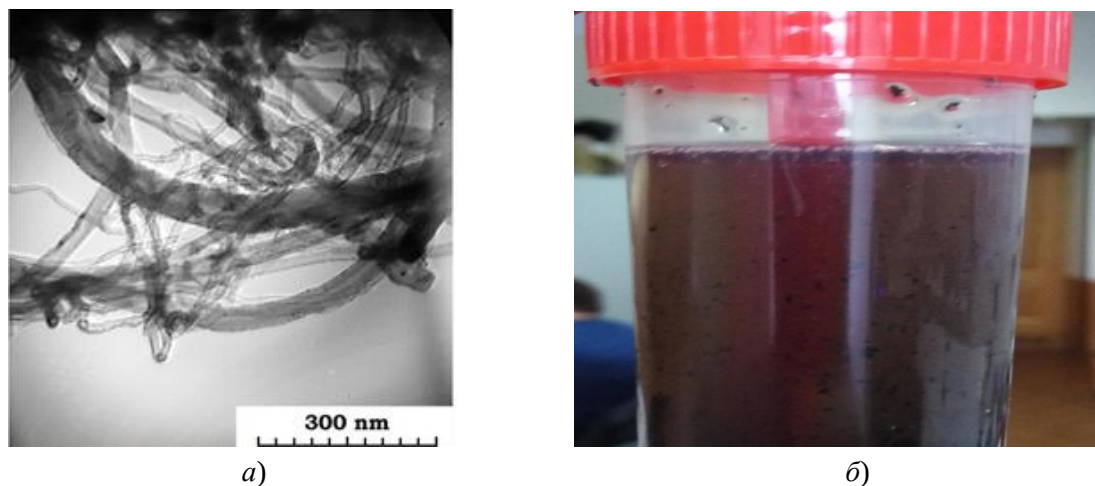


Рис. 1:

а – структура МУНТ, синтезированных на катализаторе $\text{Fe-0,7Co/2,1Al}_2\text{O}_3$;
б – гранулированный теплоаккумулирующий материал в силиконовом масле

Результаты исследований и их анализ. Исследование распределения температурных полей в тепловом аккумуляторе с гранулированным наномодифицированным парафином в режиме терромагнитной конвекции проводили с использованием тепловизора Fluke TiS60 с обработкой полученных термограмм в программе Smart View 4.4.363. В результате терромагнитной конвекции происходит выравнивание теплового поля (переход от режима (рис. 2, *а, б*)), что сопровождается равномерным распределением (без явных пиков) температуры (рис. 2, *в*).

В случае режима (рис. 2, *а*) наблюдается: достижение температуры в пике до 80°C , далее режим с двумя основными пиками до 70°C и режим (рис. 2, *в*) с равномерным температурным полем. Переход между режимами не более 3...4 с, что позволяет эффективно накапливать тепловое поле и отдавать потребителю в сушильной установке. Для реализации представленных тепловых аккумуляторов не требуется подключение электрического питания, что позволяет размещать кассеты с таким теплоаккумулирующим материалом в вакуумной сушильной установке.

Выводы. Проведенные исследования показали возможность реализации эффекта терромагнитной конвекции с применением МУНТ, синтезированных на катализаторе $\text{Fe-Co/Al}_2\text{O}_3$ по технологии CVD. Для синтезированных МУНТ характерно насыщение частицами железа поверхности, что повышает ферромагнитные свойства материала. Наномодифицированный парафин гранулировался и распределялся в жидком силиконовом масле.

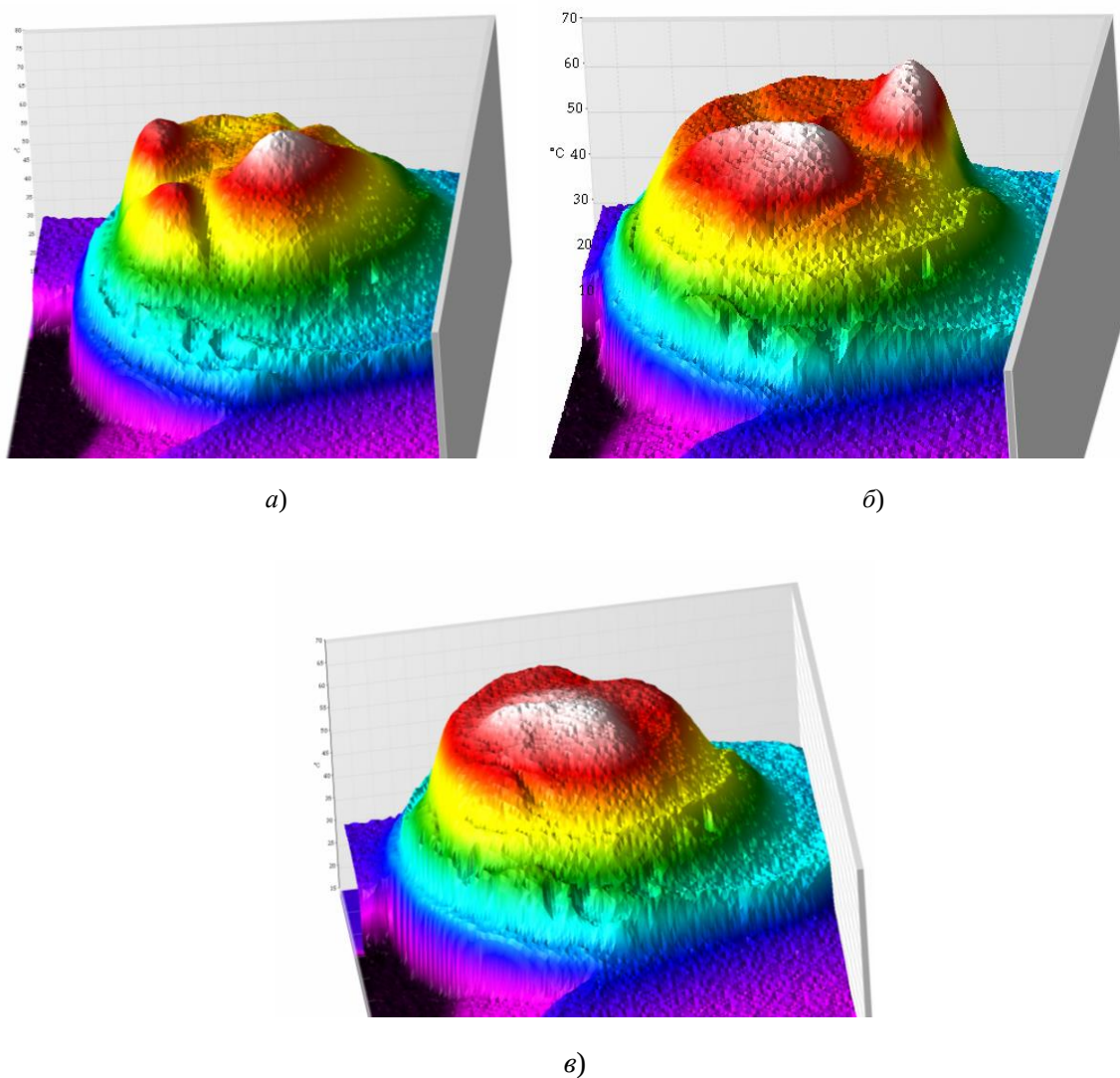


Рис. 2. Режим терромагнитной конвекции в теплоаккумулирующем материале

Исследование распределения температурных полей в тепловом аккумуляторе с гранулированным наномодифицированным парафином в режиме терромагнитной конвекции проводили с использованием тепловизора Fluke TiS60 и обработкой данных в программе Smart View 4.4.363. Таким образом, тепловые аккумуляторы на основе терромагнитной конвекции для сушильных установок могут быть реализованы на основе гранулированного наномодифицированного парафина, распределенного в силиконовом масле.

Список источников

1. Performance study of latent heat accumulators: Numerical and experimental study / M. Lissner, J. Tissot, D. Leducq, K. Azzouz, L. Fournaison // *Applied Thermal Engineering*. – 2016. – V. 102. – P. 604 – 614.
2. Fan, L. Thermal conductivity enhancement of phase change materials for thermal energy storage : A review / L. Fan, J. M. Khodadadi // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2011. – V. 15, No. 1. – P. 24 – 46.
3. Fan, L. Thermal conductivity enhancement of phase change materials for thermal energy storage : A review / L. Fan, J. M. Khodadadi // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2011. – V. 15(1). – P. 24 – 46.

4. Phase change materials and carbon nanostructures for thermal energy storage : A literature review / C. Amaral, R. Vicente, P. A. A. P. Marques, A. Barros-Timmons // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2017. – V. 79. – P. 1212 – 1228.
5. Recent Advances on Enhanced Thermal Conduction in Phase Change Materials using Carbon Nanomaterials / Yadav Apurv, Verma A., Kumar A., et al. // *Journal of Energy Storage*. – 2021. – V. 43. – P. 103173.
6. Micro/nano-encapsulated phase-change materials (ePCMs) for solar photothermal absorption and storage: Fundamentals, recent advances, and future directions / S. A. Albdour, Z. Haddad, O. Z. Sharaf, et al. // *Progress in Energy and Combustion Science*. – 2022. – V. 93. – P. 101037.
7. Ghoneim, A. A. Comparison of theoretical models of phase-change and sensible heat storage for air and water-based solar heating systems / A. A. Ghoneim. – 1989. – V. 42(3). – P. 209 – 220.
8. Теплоаккумулирующие материалы на основе наномодифицированного парафина, управляемые магнитным полем / А. В. Щегольков, А. В. Щегольков, В. С. Ягубов и др. // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. – 2018. – Т. 80, № 4(78). – С. 344 – 348.

Н. В. Земцова, аспирант, **А. В. Щегольников**, канд. техн. наук, доцент
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАГРЕВАТЕЛИ ДЛЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОНАГРЕВА В КОНВЕКТИВНО-ВАКУУМНЫХ СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

Аннотация. Новые энергоэффективные технологии переработки растительного сырья являются важным аспектом формирования эффективного АПК в РФ. Существенную долю в технологиях переработки растительного сырья занимают технологии термической обработки, а именно сушки, как эффективного метода, позволяющего получать как уже готовые продукты, так и полуфабрикаты для дальнейшей переработки в виде экстракции. В статье представлены функциональные нагреватели для систем электронагрева в конвективно-вакуумных сушильных установках, которые обладают эффектом саморегулирования температуры и могут быть использованы в устройстве сушки растительного сырья под вакуумом. В целях измерения электрофизических параметров функционального нагревателя для систем электронагрева применялась автоматизированная измерительная система, подключаемая к персональному компьютеру. Анализ динамики изменения температурного режима на образце нагревателя с саморегулированием температуры показывает возможность нагрева до температуры 41 °С, что является эффективным режимом для сушки растительного сырья в условиях вакуума.

Ключевые слова: углеродные нанотрубки, энергосбережение, функциональный материал, сушильная установка, электронагрев.

N. V. Zemtsova, Graduate Student, **A. V. Shchegolkov**, Ph. D., Associate Professor
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

ENERGY-SAVING FUNCTIONAL HEATERS FOR ELECTRIC HEATING SYSTEMS IN CONVECTION-VACUUM DRYING PLANTS

Abstract. New energy-efficient technologies for processing plant raw materials are an important aspect of the formation of an efficient agro-industrial complex in the Russian Federation. A significant share in the technologies of processing of plant raw materials is occupied by thermal processing technologies, namely drying as an effective method that allows to obtain both finished products and semi-finished products for further processing in the form of extraction. The paper presents functional heaters for electric heating systems in convective-vacuum drying plants, which have the effect of temperature self-regulation and can be used in the device for drying vegetable raw materials under vacuum. In order to measure the electrophysical parameters of the functional heater for electric heating systems, an automated measuring system connected to a personal computer was used. Analysis of the dynamics of the temperature regime change on the sample heater with temperature self-regulation shows the possibility of heating up to a temperature of 41 °C, which is an effective mode for drying vegetable raw materials under vacuum.

Keywords: carbon nanotubes, energy saving, functional material, drying plant, electric heating.

Развитие новых технологий переработки растительного сырья является важным аспектом формирования эффективного агропромышленного комплекса (АПК). Существенную долю в технологиях переработки растительного сырья занимают технологии термиче-

ской обработки, а именно сушки, как эффективного метода, позволяющего получать как уже готовые продукты, так и полуфабрикаты для дальнейшей переработки в виде экстракции.

Для реализации термических процессов могут быть использованы различные виды тепловой энергии, создаваемые различными источниками, к которым могут относиться газовые обогреватели, теплообменники от водогрейных котлов, а также электронагреватели. Электронагреватели делятся по типу используемых материалов и могут быть керамическими, металлическими и полимерными. Для создания полимерных нагревателей активно используются дисперсные проводящие структуры [1 – 3]. Важным практическим направлением использования электронагревателей на основе полимеров могут стать технологии энергоэффективной сушки растительного сырья. Рациональным процессом сушки является технология с использованием вакуума (рис. 1). Такая технология позволяет проводить эффективную сушку при более низких температурах от 60 до 40 °С. Для правильной реализации режима нагрева растительного сырья в целях сохранения витаминного состава и других ценных веществ, подверженных температурной деструкции, необходимо использовать новые типы нагревателей, обладающих эффектом саморегулирования температуры [4].

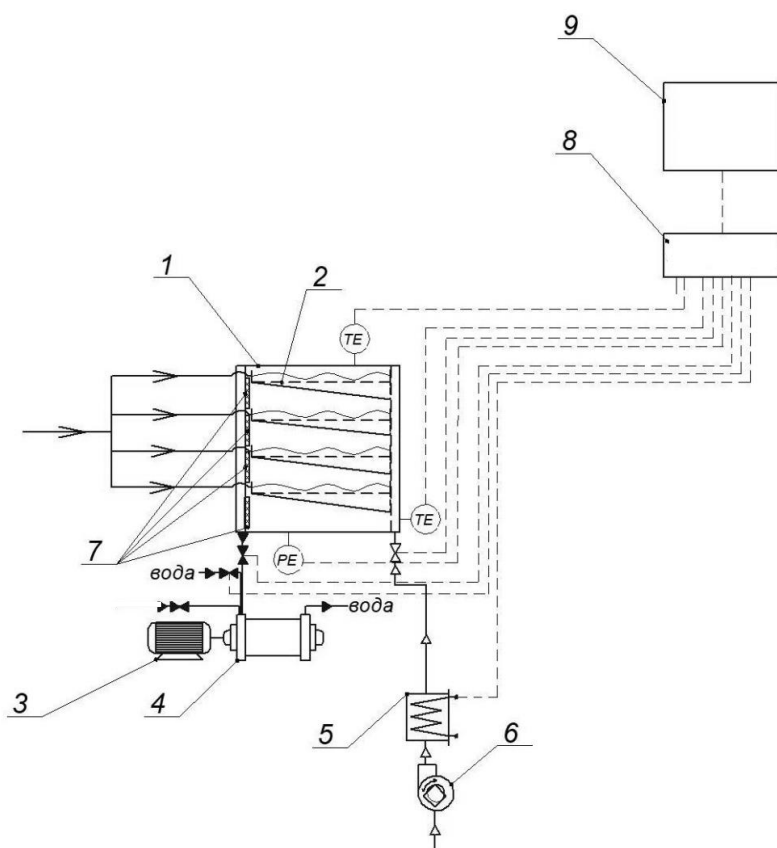


Рис. 1. Конвективно-вакуумная сушильная установка:

- 1 – вакуумный шкаф; 2 – лоток с перфорированным дном; 3 – электродвигатель;
- 4 – жидкостно-кольцевой вакуумный насос; 5 – калорифер; 6 – вентилятор;
- 7 – электрические нагреватели с эффектом саморегулирования температуры;
- 8 – контроллеры; 9 – персональный компьютер

В целях получения функционального нагревателя, обладающего эффектом саморегулирования температуры, с адаптацией под режимы работы в устройстве сушки растительного сырья под вакуумом возможно применение технологии, представленной в работе [5].

Внешний вид функционального нагревателя, обладающего эффектом саморегулирования температуры, с проводящими наноразмерными частицами [5] представлен на рис. 2.

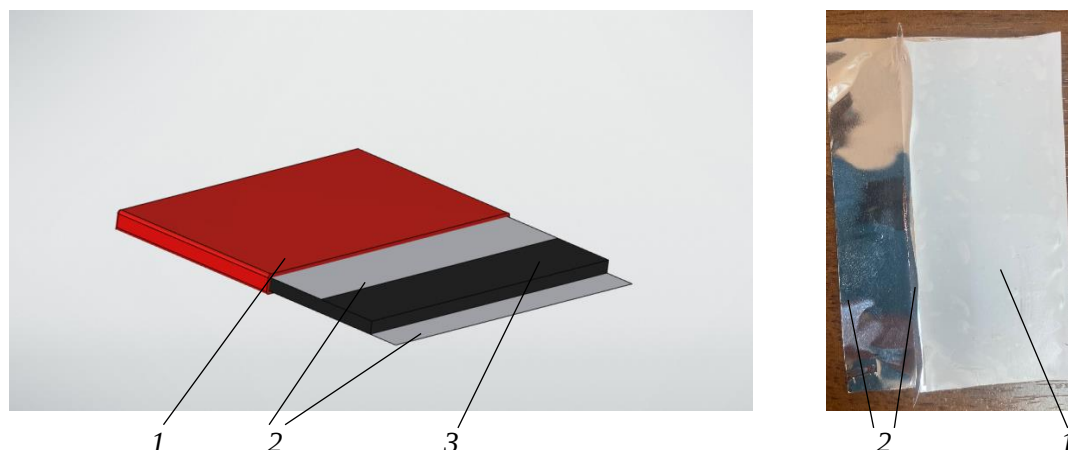


Рис. 2. Образец эластомера в комплекте с электродами и диэлектрической изоляцией:
1 – изоляция; 2 – электрод; 3 – модифицированный эластомер

На рисунке 3 показана динамика изменения температурного режима на образце нагревателя с саморегулированием температуры. Состав проводящих дисперсных компонентов в матрице эластичного композита [5] может меняться, что позволяет задавать различные мощностные и режимные характеристики. В целях измерения электрофизических параметров функционального нагревателя для систем электронагрева применялись мультиметры (UNI-T UT61E+, D+ и VC9808+), подключаемые к персональному компьютеру (Ноутбук HUAWEI MateBook D 15 (256GB)).

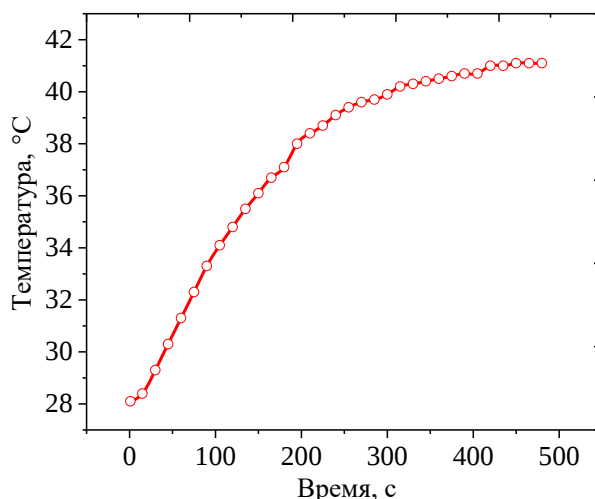


Рис. 3. Динамика изменения температурного режима на образце нагревателя с саморегулированием температуры

Анализ динамики изменения температурного режима на образце функционального нагревателя с саморегулированием температуры показывает возможность нагрева до температуры 41 °C, что является эффективным режимом для сушки растительного сырья в условиях вакуума. В случае необходимости повышения мощности нагревателя регулирование возможно путем повышения питающего напряжения, которое может меняться в широком диа-

пазоне и обеспечивать изменение температуры до 120 °С (в режиме саморегулирования) с точностью до 0,5 °С.

Работа выполнена при поддержке управления образования и науки Тамбовской области в рамках Соглашения № 2/МУ2022 о предоставлении гранта по проекту № МУ 2022-02/5 областного конкурса «Гранты для поддержки прикладных научных исследований молодых ученых 2022 года».

Список источников

1. Large-scale production of highly stretchable CNT/cotton/spandex composite yarn for wearable applications / C. Guangming, Y. Mengyun, P. Junjie, et al. // ACS Appl. Mater. Interfaces. – 2018. – V. 10(38). – P. 32726 – 32735.
2. Durable and tunable temperature responsive silk fabricated with reactive thermochromic pigments / W. Zhang, L. Fei, J. Zhang, et al. // Progress in Organic Coatings. – 2020. – V. 147. – P. 105697.
3. Development of a multifunctional graphene/Fe-loaded polyester textile: robust electrical and catalytic properties / M. N. Morshed, M. A. Miankafshe, N.-K. Persson, et al. // Dalton Transactions. – 2020. – V. 49(47). – P. 17281 – 17300.
4. Аспекты применения электронагревателей с эффектом саморегулирования температуры для систем ИК-нагрева и тепловентиляторов / А. В. Щегольков, А. В. Щегольков, Н. В. Земцова и др. // Вести высших учебных заведений Черноземья. – 2022. – Т. 18, № 1(67). – С. 25 – 39.
5. Щегольков, А. В. Сравнительный анализ тепловых эффектов в эластомерах, модифицированных МУНТ при постоянном электрическом напряжении / А. В. Щегольков // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2021. – № 1(55). – С. 63 – 73.

References

1. Large-scale production of highly stretchable CNT/cotton/spandex composite yarn for wearable applications / C. Guangming, Y. Mengyun, P. Junjie, et al. // ACS Appl. Mater. Interfaces. – 2018. – V. 10(38). – P. 32726 – 32735.
2. Durable and tunable temperature responsive silk fabricated with reactive thermochromic pigments / W. Zhang, L. Fei, J. Zhang, et al. // Progress in Organic Coatings. – 2020. – V. 147. – P. 105697.
3. Development of a multifunctional graphene/Fe-loaded polyester textile: robust electrical and catalytic properties / M. N. Morshed, M. A. Miankafshe, N.-K. Persson, et al. // Dalton Transactions. – 2020. – V. 49(47). – P. 17281 – 17300.
4. Aspekty primeneniya elektronagrevatelej s efektom samoregulirovaniya temperatury dlya sistem IK-nagreva i teploventilyatorov [Aspects of application of electric heaters with temperature self-regulation effect for IR heating systems and heat fans] / A. V. Shchegolkov, A. V. Shchegolkov, N. V. Zemtsova, et al. // Vesti vysshih uchebnyh zavedenij CHernozem'ya [News of higher education institutions of the Black Earth Region]. – 2022. – V. 18, No. 1(67). – P. 25 – 39.
5. Shchegolkov, A. V. Sravnitel'nyj analiz teplovyh effektov v elastomerah, modifitsirovannyh MUNT pri postoyannom elektricheskom napryazhenii [Comparative analysis of thermal effects in elastomers modified with MWCNTs at constant electric voltage] / A. V. Shchegolkov // Vektor nauki Tol'yattinskogo gosudarstvennogo universiteta [Vector of Science of Togliatti State University]. – 2021. – No. 1(55). – P. 63 – 73.

Н. В. Земцова, аспирант, **А. В. Щегольников**, канд. техн. наук, доцент,
С. Ю. Евдокимова, студент
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК С ПОМОЩЬЮ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПИРОЛИЗА ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ

Аннотация. Применение водорода в энергетике и автомобильном транспорте направлено на улучшение экологии городской среды, что в свою очередь делает актуальными новые технологии получения водорода. Концепция получения водорода и переработки полимерных отходов с использованием инновационных технологий полностью согласуется с важными постулатами учения о биосфере Владимира Ивановича Вернадского. Для получения водорода и углеродных нанотрубок (УНТ) используется технология каталитического пиролиза полимерных отходов. Полимерные отходы выступают в качестве дешевого сырья и хорошо поддаются переработке каталитическим пиролизом. Каталитический пиролиз полимерных отходов – это наименее затратный метод получения ценных материалов (водорода и УНТ), позволяющий снизить негативное воздействие на окружающую среду. Получаемый водород как источник энергии относится по своим характеристикам к «зеленой» энергетике, что способствует решению поставленной задачи.

Ключевые слова: углеродные нанотрубки, каталитический пиролиз, водород, зеленая энергетика, переработка.

N. V. Zemtsova, Graduate Student, **A. V. Shegolkov**, Ph. D., Associate Professor,
S. Yu. Evdokimova, Student
Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

AN ENERGY-EFFICIENT UNIT FOR PRODUCING HYDROGEN AND CARBON NANOTUBES BY CATALYTIC PYROLYSIS OF POLYMER WASTE

Abstract: The use of hydrogen in power engineering and automobile transport is aimed at improving the ecology of the urban environment, which, in turn, makes new technologies for hydrogen production relevant. The concept of hydrogen production and polymer waste recycling using innovative technologies is fully consistent with the important postulates of Vladimir Ivanovich Vernadsky's biosphere doctrine. To produce hydrogen and carbon nanotubes (CNTs), the technology of catalytic pyrolysis of polymer waste is used. Polymer waste is a cheap raw material that can be recycled by catalytic pyrolysis. Catalytic pyrolysis of polymer waste is the least expensive method of producing valuable materials (hydrogen and CNT), which reduces the negative impact on the environment. The resulting hydrogen, as an energy source, belongs to the “green” energy sector in terms of its characteristics, which contributes to the solution of the task at hand.

Keywords: carbon nanotubes, catalytic pyrolysis, hydrogen, green energy, recycling.

В настоящее время переработка различных типов полимерных отходов, количество которых с каждым годом неуклонно растет, является актуальной научно-технической проблемой, для решения которой требуется использование новых инновационных технологий [1].

Существующая технология переработки полимерных отходов связана с их сжиганием, что приводит к усиленному образованию выбросов парниковых и токсичных газообразных выбросов, а также сажи в атмосферу. Перспективной технологией для решения представленной проблемы является переработка полимерных отходов термокаталитическим пиролизом [2]. Термокаталитический пиролиз – метод термохимической обработки полимерных отходов, позволяющий решить проблему загрязнения окружающей среды, а также получить ценные продукты (водород и углеродные наноматериалы) и тепловую энергию, формируемую в процессе термохимической обработки полимерных отходов.

Получение водорода (H_2), который может быть использован в качестве источника энергии, является актуальной задачей, способствующей повышению экологичности энергетики и городского транспорта.

Существует несколько способов получения H_2 :

- 1) разложение воды;
- 2) электролиз на постоянном токе (наиболее затратный);
- 3) термокаталитический пиролиз. Термокаталитический пиролиз является менее энергетически затратным способом получения H_2 , а также позволяет получать углеродные наноматериалы (углеродные нанотрубки (УНТ)) (рис. 1) в случае использования специализированных катализаторов.

В то же время известно несколько основных областей применения H_2 : химическая промышленность, транспорт и энергетика.

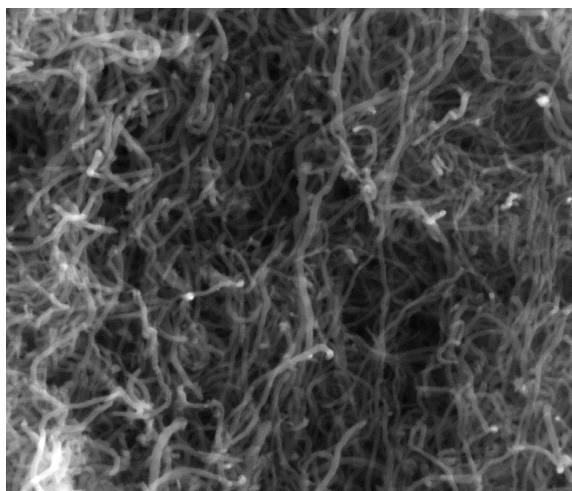


Рис. 1. УНТ, получаемые в процессе синтеза при переработке полимерных отходов

Для переработки полимерных отходов разработана установка, позволяющая реализовать термокаталитический пиролиз полимерных отходов в условиях вакуума.

Установка для термокаталитического пиролиза (рис. 2) включает в себя: реакционную камеру, вакуумный насос ЖКВН, ИК-нагреватели (ИК), теплоаккумуляторы (ТА1, ТА2), а также технологические штуцеры для подачи и выгрузки материала.

В технологическом процессе происходит подача материала ($V_{п}$ – полимерные отходы) и катализатора (Ni) в камеру аппарата. При нагреве до $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ с помощью ИК-нагревателей и теплоаккумуляторов, а также под вакуумом (ЖКВН) происходит процесс термокаталитического пиролиза, при котором идет разложение полимерных отходов на составляющие материалы: H_2 и УНТ (и сопутствующие газы).

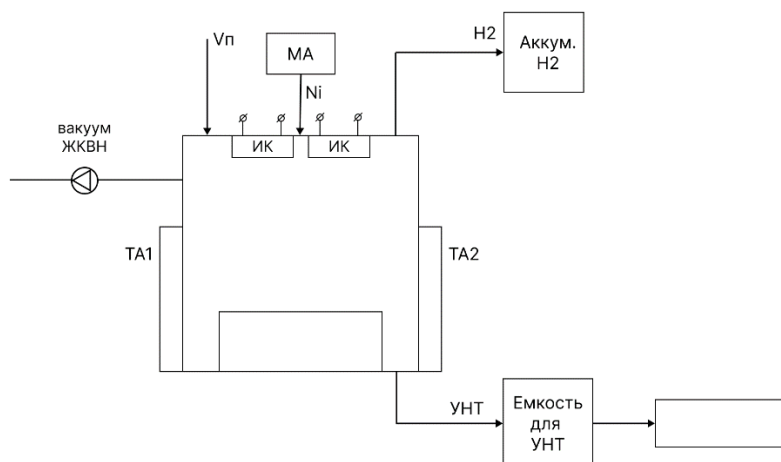


Рис. 2. Установка термokatалитического пиролиза полимерных отходов под вакуумом

Полученный H_2 через выходной штуцер помещается в металлгидридные накопители для безопасного хранения и дальнейшей транспортировки материала; УНТ отгружаются в емкость для хранения. Установка для термokatалитического пиролиза полностью автоматизирована и позволяет реализовать различные режимные условия для термokatалитического пиролиза, что позволяет наиболее эффективно перерабатывать различные типы полимерных отходов.

УНТ широко применяются в различных сферах и технологиях, одним из главных применений является использование УНТ в качестве добавок к полимерам для улучшения электропроводности электрических нагревателей. Обширное применение УНТ обусловлено их электронными, механическими и химическими свойствами (большая удельная поверхность, коэффициент прочности, высокая пористость, тепло- и электропроводность) [3].

Таким образом, разработанная установка для термokatалитического пиролиза позволяет перерабатывать полимерные отходы и получать ценные материалы (H_2 и УНТ) с наименьшими энергетическими затратами (за счет применения тепловых аккумуляторов) и наиболее безопасным для окружающей среды способом.

Список источников

1. Madhura Y., Surabhi S. Waste to wealth: Overview of waste and recycled materials in construction industry // *Materials Today: Proceedings*. – 2022. – V. 65, No. 2. – P. 2042 – 2052.
2. Radhakrishnan K., Senthil Kumar P., Gayathri R., Praveen Perumal L., Sanaulla S., Nilavendhan S., Manivasagan V., Saranya K. A critical review on pyrolysis method as sustainable conversion of waste plastics into fuels // *Fuel*. – 2023. – V. 337. – P. 126 – 890.
3. Kazmierczak-Razna J., Gralak-Podemska B., Nowicki P., Pietrzak R. The use of microwave radiation for obtaining activated carbons from sawdust and their potential application in removal of NO_2 and H_2S // *Chem. Eng.* – 2015. – V. 269. – P. 352 – 358.

А. В. Моисеева¹, М. А. Мутушев², д-р техн. наук, профессор

¹Международный институт энергетической политики
и управления инновациями Университета МГИМО (Москва, Россия);

²Горный институт НИТУ МИСИС (Москва, Россия)

ИННОВАЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ ПО СНИЖЕНИЮ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ С ОТХОДЯЩИМИ ГАЗАМИ ОГНЕТЕХНИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ

Аннотация. При выпуске в атмосферу отходящих газов огнетехнических агрегатов бросовые потери теплоты составляют до 25% по сжигаемому топливу. Предложен вариант оснащения газовых пусковых трактов двигателями внешнего сгорания (стирлинг) с электрогенераторами, что может снизить теплоэнергетические потери и вредное воздействие на экологию.

Ключевые слова: отходящие газы, стирлинг, низкопотенциальное тепло.

A. V. Moiseeva¹, M. A. Mutushev², Doctor of Technical Sciences, Professor

¹International Institute of Energy Policy
and Innovation Management at MGIMO University (Moscow, Russia);

²GORNY Institute of NUST MISIS (Moscow, Russia)

AN INNOVATIVE SOLUTION TO REDUCE HEAT AND ENERGY COSTS WASTE GAS LOSSES FROM FIRE ENGINEERING UNITS

Abstract. When the exhaust gases of fire-technical engines are released into the atmosphere, the loss of heat reaches up to 25% of the fuel burned. A solution of equipping the gas outlet paths with external combustion engines (stirling), with electric generators, which can reduce heat and energy losses and harmful effects on the environment, is proposed.

Keywords: waste gases, stirling, low-potential heat.

Огнетехнические агрегаты применяются во всех индустриально развитых странах мира. Они необходимы для таких отраслей, как черная и цветная металлургия, машиностроение, нефтехимическое производство, энергетика и др. Особенно полно можно показать различные аспекты огнетехнических процессов на примере сталеплавильного производства, осуществляемого мартеновским или кислородно-конвертерным способами. Любой из сталеплавильных процессов характеризуется выпуском в атмосферу значительного количества отходящих газов, что обуславливает большие потери тепловой энергии и наносит экологический ущерб окружающей среде.

В металлургическом производстве (а также и в других производствах) предпринимаются меры по сокращению указанных негативных проявлений. Основным направлением сокращения потребления и потерь теплоэнергетических ресурсов (далее – ТЭР) в черной металлургии является повышение эффективности использования вторичных энергоресурсов (далее – ВЭР), в том числе за счет сокращения потерь низкопотенциального тепла с выбрасываемыми в атмосферу отходящими газами.

В настоящее время мартеновские печи уже почти не строятся, но в эксплуатации их находятся десятки тысяч (значительно больше, чем каких-либо других огнетехнических агрегатов) и они будут работать еще очень много лет. Поэтому повышение эффективности использования ВЭР для этих печей является весьма актуальной задачей (особенно с учетом ужесточения экологических требований). Известен ряд способов использования ВЭР в мартеновском и кислородно-конвертерном производстве [1, 2]. Существуют подобные способы и в других отраслях, например в энергетике [3], в промышленности [4] и др.

Наибольшее значение для крупных заводов черной металлургии имеют большегрузные мартеновские печи садкой 350...900 т. Удельный расход условного топлива для этих печей составляет 0,115...0,105 т/т жидкой стали. Коэффициент использования тепла топлива не превышает 15...20% при потере с отходящими дымовыми газами 40...45% тепла сжигаемого топлива. Утилизация тепла отходящих газов происходит с использованием котлов-утилизаторов. Получаемый при этом пар может использоваться в некоторых технологических процессах предприятия, например для распыливания жидкого топлива (мазута) в форсунках печей. Возможно также использование пара, генерируемого котлом-утилизатором для работы паровой турбины с последующей выработкой электроэнергии. Однако коэффициент полезного действия (КПД) паровой турбины оказывается даже ниже 40%. Тем не менее использование тепла отходящих газов для выработки пара, получаемого в количестве примерно 0,5 т на 1 т жидкой стали, повышает общую тепловую эффективность агрегата. Основные потери тепла с уходящими в атмосферу дымовыми газами (с температурой после котла-утилизатора 220...200 °С – это низкопотенциальное тепло) составляют 20...25%, считая по сжигаемому топливу.

Причина бросового выпуска в атмосферу этих газов – отсутствие на данный момент технических решений по эффективному использованию низкопотенциального тепла отходящих газов. До последнего времени преобладала точка зрения, что тепловых машин, способных работать на низкопотенциальных источниках энергии (250 °С и ниже), не существует. При этом не учитывалась информация о двигателях с внешним подводом тепла, изобретенных в начале XIX века. 27 сентября 1826 года Р. Стирлинг получил Британский патент на двигатель (впоследствии названный его именем), способный работать от любого источника тепла. Принцип работы этого двигателя заключается в чередовании нагревания и охлаждения рабочего тела, которым может быть водород, гелий, фреоны, диоксид азота, сжиженный пропан-бутан и даже простой воздух. Конструкция двигателя очень проста и использует хорошо известное свойство газов: от нагревания их объем увеличивается, а от охлаждения уменьшается [5]. Однако так сложилось, что во второй половине XIX века интерес к двигателям внешнего сгорания ослабел.

Но во второй половине XX века с появлением новых конструкционных материалов, массовым производством современных видов рабочих тел, развитием технологий и др. двигатели внешнего сгорания вновь начинают составлять конкуренцию другим тепловым машинам. Как обычно, в авангарде научно-технического прогресса оказался военно-промышленный комплекс, в основном – морской флот. В настоящее время многие корабли США, Англии, Японии и др. проходят модернизацию по замене дизельных энергетических установок (ДЭУ) на двигатели внешнего сгорания – стирлинги. Подводный флот Швеции такую замену уже осуществил полностью. Над совершенствованием и созданием современных моделей стирлингов работают General Motors, Mechanical Technology Inc., Philips и дру-

гие известные фирмы. В России также ведется работа по созданию новых модификаций двигателей внешнего сгорания, и достигнуты определенные успехи в повышении их надежности, эффективности, защищенные патентами Российской Федерации [6 и др.]. Представляет интерес V-образный двигатель, схема которого показана на рис. 1.

К преимуществам стирлингов относятся:

- наиболее высокий среди тепловых машин КПД, широкий диапазон мощностей, температур, прочих теплоэнергетических параметров;
- возможность эффективной работы на низкопотенциальных источниках тепла, отсутствие необходимости создания высокого давления в системе;
- высокая надежность, обусловленная отсутствием системы зажигания, клапанной системы, распредвала, легкость регулировки;
- долговечность работы (более 100 тыс. часов непрерывной работы), отсутствие возможности заглохнуть;
- бесшумность работы (не требуется глушитель), отсутствие вибраций и др.

К недостаткам двигателей относятся:

- сравнительно большие массогабаритные характеристики;
- высокие требования к качеству конструкционных материалов (пониженная теплопроводность, жаропрочность) и др.;
- необходимость использования в качестве рабочего тела водорода или гелия для получения высокой удельной мощности, и др.

Как видно, указанные недостатки в контексте рассматриваемого варианта существенной актуальности не имеют.

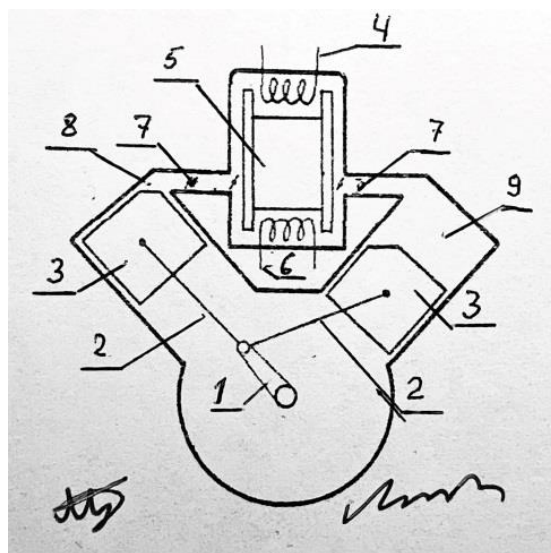


Рис. 1. Принципиальная схема V-образного стирлинга:

- 1 – кривошип; 2 – штоки; 3 – поршни; 4 – нагреватель; 5 – регенератор; 6 – охладитель;
7 – регулировочные заслонки; 8 – горячее пространство; 9 – холодное пространство

В представляемом авторами данной работы варианте предлагается поверхности теплообмена нагревателя разместить в объеме газовыпускного тракта, после котла-утилизатора (разумеется – с надежной герметизацией узла врезки), а поверхности теплообмена охладителя разместить просто в наружном пространстве. Если в качестве рабочего тела принят

водород, то можно определить, что при начальной температуре цикла $220\text{ }^{\circ}\text{C}$ (температура отходящих газов после котла-утилизатора) и при конечной температуре цикла $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ может быть достигнут КПД не менее 60%.

Представляемый вариант поясняется блок-схемой, показанной на рис. 2.

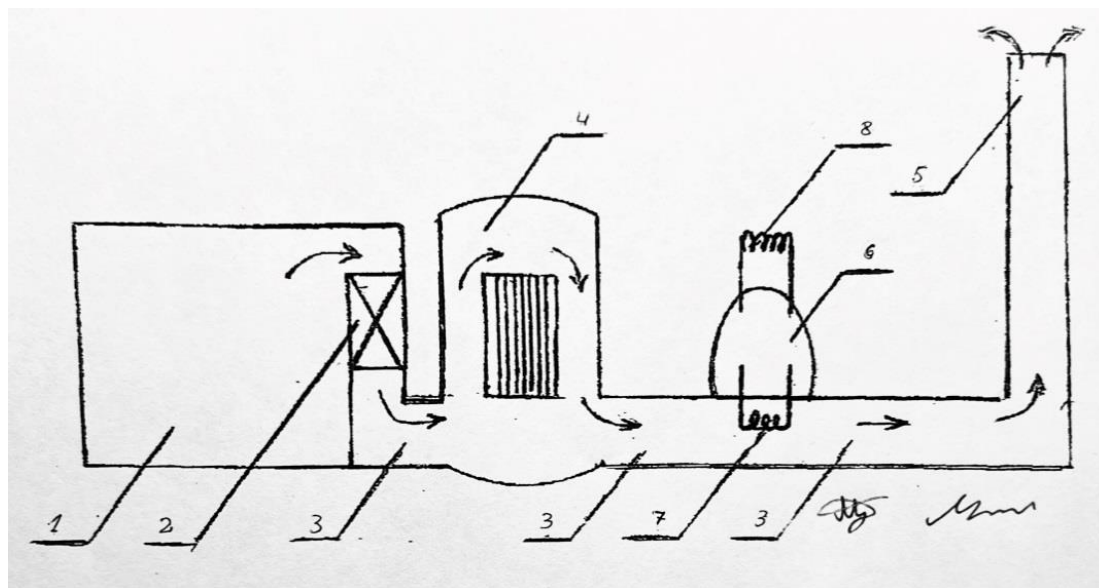


Рис. 2. Блок-схема варианта инновационного решения

Образующиеся при сжигании топлива в рабочем плавильном пространстве печи 1 газы имеют температуру, необходимую для осуществления плавки ($1800\ldots 1900\text{ }^{\circ}\text{C}$). Отдав тепло расплавленному чугуно и шихте, газы (на схеме показаны стрелками) направляются в воздушные регенераторы 2, где подогревают дутьевой воздух до $1100\ldots 1200\text{ }^{\circ}\text{C}$, а сами охлаждаются до $1100\ldots 900\text{ }^{\circ}\text{C}$. После этого газы, двигаясь по газовыпускному тракту 3, попадают в котел-утилизатор 4 с температурой $500\ldots 800\text{ }^{\circ}\text{C}$. Здесь газы отдают тепло через поверхности теплообмена котла-утилизатора и уходят далее с температурой $200\ldots 250\text{ }^{\circ}\text{C}$. Газы с такой температурой являются низкопотенциальным источником тепла, непригодным для работы теплоэнергетических установок, поэтому эти газы выпускают в атмосферу через дымовую трубу 5, создавая упомянутые выше большие бросовые потери ВЭР. Однако, одним из уникальных достоинств стирлинга является возможность эффективной работы на низкопотенциальном тепле. Исходя из этого, предлагается после котла-утилизатора оснащать газопыпускной 3 двигателем внешнего сгорания стирлинг 6 с размещением поверхностей теплообмена 7 его нагревателя (например кожухо-трубчатых) непосредственно в объеме тракта 3. Поверхности теплообмена 8 охладителя представляется возможным размещать просто в наружном пространстве. При этом перепад между начальной и конечной температурами цикла вполне достаточен и никаких дополнительных мероприятий по охлаждению (например – водяному) охладителя стирлинга не требуется. Далее газы с температурой $60\ldots 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ направляются в сторону дымовой трубы 5, где при движении по тракту за счет естественного теплообмена охлаждаются до $40\ldots 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и с такой температурой выпускаются в атмосферу. При такой температуре бросовые потери тепла минимальны, т.е. достигается максимально возможный уровень энергосбережения за счет эффективного использования ВЭР.

На металлургических заводах одновременно все печи никогда не работают (плановый ремонт футеровки и т.п.). Согласно расчетам, если будет работать лишь половина печей, то этого будет достаточно, чтобы обеспечить электроэнергией от стирлинг-генераторов все заводские нужды. При этом значительное снижение выпуска вредных газов пойдет на пользу экологии.

Список источников

1. Семененко, Н. А. Вторичные энергоресурсы промышленности и энерготехнологическое комбинирование / Н. А. Семененко. – М. : Энергия, 1968.
2. Виленский, Н. М. Рациональное использование ВЭР / Н. М. Виленский. – М. : Металлургия, 1963.
3. Елизаров, Д. П. Теплоэнергетические установки электростанций / Д. П. Елизаров. – М. : Энергия, 1967.
4. Щукин, А. А. Газовое и печное хозяйство заводов / А. А. Щукин. – М. : Энергия, 1966.
5. Смирнов, Г. В. Двигатели внешнего сгорания / Г. В. Смирнов. – М. : Знание, 1967.
6. Пат. № RU2406853. Способ выработки механической (электрической) энергии при помощи двигателя Стирлинга / Горбачев Ю. М. – 17.07.2008 г.

References

1. Semenenko, N. A. Secondary energy resources of industry and energy technology combination / N. A. Semenenko. – M. : Energy, 1968.
2. Vilensky, N. M. Rational use of SER / N. M. Vilensky. – M. : Metallurgy, 1963.
3. Elizarov, D. P. Thermal power plants of power plants / D. P. Elizarov. – M. : Energy, 1967.
4. Shchukin, A. A. Gas and furnace facilities of plants / A. A. Shchukin. – M. : Energy, 1966.
5. Smirnov, G. V. Engines external combustion / G. V. Smirnov. – M. : Znanie, 1967.
6. Patent No. RU2406853. Method of generating mechanical (electrical) energy using a Stirling engine / Gorbachev Yu. M. – 07/17/2008.

,

А. В. Нехорошева, магистрант, **А. О. Сухова**, канд. техн. наук, доцент
Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Аннотация. В данной статье будут рассмотрены преимущества и недостатки теплоэлектростанций, а также методы уменьшения негативного воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: теплоэлектростанции, тепловая энергетика, загрязнение окружающей среды.

A. V. Nekhorosheva, Master's Degree,
A. O. Sukhova, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
Tambov State Technical University (Russia, Tambov)

Abstract. This article will consider the advantages and disadvantages of thermal power plants, as well as methods to reduce the negative impact on the environment.

Keywords: thermal power plants, thermal energy, environmental pollution.

Современное общество невозможно представить без электричества, поэтому производство электроэнергии стало крайне важным для промышленного развития и урбанизации. Тепловая энергия является одним из старейших и наиболее распространенных способов генерации электроэнергии. Она обеспечивает значительную долю всего потребления электричества.

Тепловые электростанции (ТЭС) работают на основе следующего принципа: топливо сжигается, чтобы создать высокую температуру, которая превращает воду в пар в специальном котле. Высокое давление пара подается на турбину, который приводит ее во вращение с высокой скоростью. Электрогенератор соединен с турбиной и использует ее движение для производства электрической энергии. Таким образом, тепловая энергия преобразуется в электрическую [1].

Тепловые электростанции используют различные виды топлива, такие как уголь, нефть или сжиженный природный газ, для превращения воды в пар и запуска турбины. Их установку можно осуществить в разных частях страны с легким доступом к топливу и воде.

Однако, как и у любого источника энергии, у тепловой генерации есть свои преимущества и недостатки.

Тепловая энергетика имеет ряд финансовых и экономических преимуществ. Низкая стоимость производства электроэнергии является одним из главных преимуществ тепловой энергетики. Ископаемое топливо, используемое в тепловых электростанциях, все еще довольно доступно и экономично. Кроме того, первоначальные инвестиционные затраты на установку тепловой электростанции обычно ниже, чем у других типов электростанций. Расположение тепловых электростанций вблизи центра потребления также снижает затраты на распределение электроэнергии [2].

Еще одним преимуществом тепловых электростанций является их гибкое местоположение. Они могут быть размещены практически в любом подходящем районе без особых географических требований, в отличие, например, от гидроэлектростанций. Тепловые электростанции обычно строятся в равнинных районах и не требуют значительных площадей, что облегчает их масштабирование.

С точки зрения окружающей среды строительство тепловых электростанций не оказывает серьезного воздействия. Они требуют относительно небольшие участки земли, что позволяет сохранить леса и природу в целости. Строительство таких станций также занимает меньше времени, что снижает вероятность загрязнения воздуха и почвы.

Еще одним преимуществом тепловой энергетики является ее надежность в качестве источника энергии. Тепловые электростанции обладают гибкостью, позволяющей регулировать мощность производства электроэнергии в соответствии с потребностями и меняющейся структурой спроса. Они могут обеспечивать стабильную выработку электроэнергии и считаются надежным основным источником электроснабжения [2].

Недостатки тепловой электростанции будут рассмотрены ниже.

Потребление воды. Тепловые электростанции требуют значительных объемов воды для производства пара, который используется для приведения в действие турбин и генерации электроэнергии. Это может оказывать негативное воздействие на доступность водных ресурсов, таких как реки, озера и грунтовые воды.

Ископаемое топливо. Для производства тепловой энергии используются ископаемые виды топлива, такие как уголь и нефть, которые являются ограниченными ресурсами. Это может привести к истощению запасов этих видов топлива и требует постоянной добычи и использования новых ископаемых ресурсов.

Загрязнение окружающей среды. Эксплуатация тепловых электростанций может приводить к загрязнению воздуха, воды и почвы. Выбросы вредных газов, таких как диоксид серы и углекислый газ, а также выбросы ртути и летучей золы могут негативно влиять на окружающую среду и здоровье людей. Перевозка, хранение и обработка топлива также могут приводить к загрязнению окружающей среды [3].

Высокие затраты на обслуживание. Техническое обслуживание тепловых электростанций требует значительных затрат. Оборудование станций сложно и требует квалифицированного персонала для эффективной эксплуатации. Регулярное обслуживание и ремонт также могут быть дорогостоящими, что может ограничивать возможности расширения и модернизации электростанций.

Низкая эффективность и срок службы. Общая эффективность тепловых электростанций считается низкой, особенно у старых угольных электростанций. Устаревшие технологии и низкая эффективность оказывают влияние на долговечность и общую производительность станций.

Использование тепловых электростанций, особенно тех, которые работают на угле, может негативно влиять на климат из-за выбросов парниковых газов. Это может привести к изменению климатических условий, включая глобальное потепление и климатические изменения, которые имеют серьезные последствия для окружающей среды и человеческого здоровья [3].

Необходимость разнообразия источников энергии. В современном мире все больше стремятся к диверсификации энергетического портфеля, включая использование возобновля-

емых источников энергии. Тепловые электростанции, основанные на ископаемых топливах, не отвечают требованиям устойчивого развития и могут замедлять переход к более чистым источникам энергии.

Риски аварий и несчастных случаев. Тепловые электростанции могут представлять определенные риски в случае аварий или несчастных случаев. Например, выбросы вредных веществ и тепловых выбросов могут вызывать пожары и взрывы. Безопасность персонала и окружающих людей должна быть обеспечена при эксплуатации и обслуживании электростанций.

Важно отметить, что эти недостатки и проблемы тепловой энергетики не являются всеобъемлющими и могут различаться в зависимости от конкретных условий и технологий, используемых на электростанциях. Однако эти факторы часто рассматриваются при оценке экологического и экономического воздействия тепловой энергетики [3].

Для защиты атмосферы и биосферы и снижения негативного воздействия тепловой энергетики необходимо принимать следующие меры:

1. Внедрение передовых технологий сжигания топлива, таких как сжигание в кипящем слое, что помогает снизить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.
2. Разработка и применение новых методов очистки продуктов сгорания топлива от соединений серы, что позволяет сократить выбросы сероводорода и других вредных соединений [4].
3. Минимизация содержания серы в используемом топливе перед его сжиганием, чтобы уменьшить выбросы серных соединений в атмосферу.
4. Обновление пылеулавливающего оборудования на тепловых электростанциях в целях повышения его эффективности в очищении выбросов пыли и других вредных веществ.
5. Использование замкнутых циклов циркуляции воды и энергетических технологий для уменьшения потребления пресной воды и минимизации выбросов сточных вод.
6. Модернизация технологий очистки сточных вод перед их возвращением в резервуары, а также проведение регулярного контроля качества сточных вод.
7. Сокращение потерь пара и конденсата путем улучшения конструкции тепловых трактов и применения более эффективных систем арматуры.
8. Внедрение циркуляционных систем с повторным использованием нагретой воды для использования ее в качестве источника низкопотенциального тепла, а также повторное использование пресной воды в цикле тепловой электростанции.
9. Оборудование и сооружение тепловых электростанций специальными защитными и экранирующими устройствами для снижения выбросов вредных веществ и шумового загрязнения [4].
10. Замена или модернизация электроустановок для сокращения уровня шума, создаваемого тепловыми электростанциями.
11. Использование паводковых стоков в технологическом цикле тепловых электростанций для оптимального использования ресурсов воды и предотвращения негативного воздействия на окружающую среду.
12. Соблюдение всех природоохранных и нормативных актов при проектировании объектов и сооружений тепловых электростанций, чтобы обеспечить их соответствие экологическим стандартам и требованиям.

Целью этих мер является сокращение выбросов и сбросов вредных веществ в атмосферу, очистка отходов и использование эффективных технологий, чтобы снизить негативное воздействие тепловой энергетики на атмосферу и биосферу в целом [4].

Тепловые электростанции представляют собой сложный комплекс, который имеет свои преимущества и недостатки. Однако для решения проблемы негативного влияния этих станций на окружающую среду необходимо применять комплексный подход, включающий разнообразные меры. При проектировании и строительстве новых тепловых электростанций необходимо учитывать использование эффективных систем очистки выбросов и сбросов загрязняющих веществ, а также применение безопасных и экологически чистых видов топлива. Такой подход поможет сократить негативное воздействие тепловых электростанций на окружающую среду и обеспечить устойчивое и экологически безопасное производство электроэнергии.

Список источников

1. Глухов, В. В. Экономические основы экологии на ТЭЦ / В. В. Глухов, Т. П. Некрасова. – П. : Специальная литература, 2004. – 156 с.
2. Зацаринная, Ю. Н. Экономические и технологические преимущества использования газотурбинных установок на ТЭС / Ю. Н. Зацаринная, И. З. Фахразиев // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2013. – Т. 16, № 3. – 291 с.
3. Балацкий, О. Ф. Экономика и качество окружающей природной среды / О. Ф. Балацкий, Л. Г. Мельник, А. Ф. Яковлев. – М. : Гидрометеиздат, 2009. – 189 с.
4. Носков, А. С. Воздействие ТЭС на окружающую среду и способы снижения наносимого ущерба / А. С. Носков, М. А. Савинкина, Л. Я. Анищенко. – Новосибирск : ГПНТБ, 2005. – С. 8 – 22.

References

1. Gluhov, V. V. Ekonomicheskie osnovy ekologii na TEC / V. V. Gluhov, T. P. Nekrasova. – P. : Special'naya literature, 2004. – 156 s.
2. Zacarinnaya, Yu. N. Ekonomicheskie i tehnologicheskie preimuschestva ispol'zovaniya gazoturbinnih ustanovok na TES / Yu. N. Zacarinnaya, I. Z. Fahraziev // Vestnik Kazan. tehnol. un-ta. – 2013. – T. 16, № 3. – 291 s.
3. Balackij, O. F. Ekonomika i kachestvo okruzhayuschej prirodnoj sredy / O. F. Balackij, L. G. Mel'nik, A. F. Yakovlev. – M. : Gidrometeoizdat, 2009. – 189 s.
4. Noskov, A. S. Vozdejstvie TES na okruzhayuschuyu sredu i sposoby snizheniya nanosimogo uscherba / A. S. Noskov, M. A. Savinkina, L. Ya. Anischenko. – Novosibirsk : GPNTB, 2005. – S. 8 – 22.

С. В. Новиков, д-р хим. наук, доцент
Научно-технический центр радиационно-химической
безопасности и гигиены ФМБА России (Москва, Россия)

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ЗОНАХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ВОЗМОЖНЫЕ СПОСОБЫ ЕГО УЛУЧШЕНИЯ

Аннотация. Изложено состояние окружающей среды в зонах функционирования атомных электростанций, обусловленное воздействием неблагоприятных факторов от их деятельности. Предложен комплекс основных мероприятий организационного и технического характера для поддержания наиболее благоприятной экологической обстановки в зоне работы атомной электростанции.

Ключевые слова: атомная электростанция, окружающая среда, воздействующие факторы, способы улучшения.

S. V. Novikov, Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor
Research and Technical Center of Radiation-Chemical Safety and Hygiene (Moscow, Russia)

ANALYSIS OF THE STATE OF THE ENVIRONMENT IN THE ZONES OPERATION OF NUCLEAR POWER PLANTS AND POSSIBLE WAYS TO IMPROVE IT

Abstract. The state of the environment in the zones of operation of nuclear power plants due to the impact of adverse factors from their activities is described. A set of basic organizational and technical measures is proposed to maintain the most favorable environmental situation in the NPP operation zone.

Keywords: nuclear power plant, environment, influencing factors, ways to improve.

Бурное развитие технического прогресса в мире привело к необходимости применения энергии атома посредством создания атомных электростанций (АЭС). При этом считалось, что воздействие АЭС на окружающую среду (ОС) при строгом выполнении технологии их строительства и эксплуатации должно быть меньше, чем тепловых электростанций (ТЭЦ). Однако при этом рассматривалась возможность возникновения аварийных ситуаций с выбросом радиоактивных продуктов, как одного из опасных экологических факторов для человека и ОС. В этих условиях важно своевременно оценить возможное воздействие АЭС на ОС, установить, можно ли предотвратить катастрофы, и какие меры принять для обеспечения безопасности АЭС. Выполнить это актуальное направление возможно только на основе обобщения и анализа данных о прогнозных и реально возникающих ситуациях на АЭС, приводящих к возникновению экологически неблагоприятных факторов для ОС и человека, что и является целью настоящей статьи. Для достижения этой цели необходимо: систематизировать перечень факторов, негативно воздействующих на ОС в зоне функционирования АЭС; уточнить экологические последствия аварий на АЭС и предложить возможные мероприятия по защите ОС и человека от негативного влияния АЭС.

В течение длительного времени АЭС считались одними из самых относительно безопасных, в том числе и в экологическом отношении, и перспективных путей получения энергии, но постепенно в ходе функционирования АЭС стали выявляться экологические проблемы, ярким подтверждением которых явились запроектные аварии на Чернобыльской АЭС и АЭС Фукусима-1.

Воздействие АЭС на ОС, начиная с этапа ее строительства, далее при эксплуатации и последующей ликвидации, происходит вследствие образования следующих факторов: твердые радиоактивные отходы, тепловое воздействие, газообразные выбросы в атмосферу, химические сбросы в водную среду и на прилегающую территорию. Сущность и содержание этих факторов сводится к следующему [1].

При правильном хранении образующихся радиоактивных отходов и отсутствии утечки продуктов деления риск загрязнения ОС практически исключается. При этом захоронению подлежит только часть этих отходов, а другие перевозятся на предприятия их переработки. АЭС, подлежащие ликвидации, также считаются в качестве радиоактивных отходов.

Большое количество тепла, образующегося при работе АЭС, отводится от конденсаторов паровых турбин в поверхностные воды, что приводит к их загрязнению, уменьшению концентрации кислорода, гибели флоры и фауны.

При нормальных условиях функционирования АЭС не происходит загрязнения атмосферы, поскольку они оборудованы системами фильтрации, исключающими попадание опасных веществ в атмосферу. В системах вентиляции химические выбросы очищаются до 99%, и только после этого выбрасываются в атмосферу через вентиляционную трубу.

Для расхолаживания атомных реакторов в АЭС применяются достаточно большое количество воды, которая представляет собой жидкие сбросы в виде растворов или мелкодисперсных смесей и после осуществления их очистки (от 98,7 до 99%), которые сбрасываются в поверхностные воды. Содержание химических загрязнителей, входящих в состав этих сбросов, составляют от 0,1 до 0,5 их ПДК в зависимости от расстояния от АЭС.

Строительство АЭС и обустройство санитарных зон приводит к изъятию земельных угодий, что приводит к изменению рельефа местности, уничтожению, растительности, нанесению вреда местным популяциям, влиянию на микроклимат территории.

Совершенно очевидно, что негативное воздействие АЭС на ОС и человека, обусловленное перечисленными факторами, должно контролироваться на всех этапах жизненного цикла АЭС. Это необходимо для поддержания наиболее благоприятной экологической обстановки путем проведения комплекса следующих основных мероприятий организационного и технического характера [1, 2]:

- постоянная модернизация используемого на АЭС оборудования с применением новых достижений науки и техники;
- разработка наиболее безопасных по конструкции реакторов, имеющих достаточно высокие показатели самозащиты и самокомпенсации;
- дублирование наиболее уязвимых элементов АЭС, поломка которых может привести к техногенной аварии;
- постоянное совершенствование квалификационного уровня обслуживающего АЭС персонала;

- умелая организация и осуществление комплекса мероприятий, обеспечивающих защиту ОС от загрязнений, образующихся на АЭС, контроль их выполнения;
- применение более совершенных, экологически чистых способов переработки ядерных отходов, образующихся на АЭС.

Выводы.

1. Основными факторами, негативно воздействующими на ОС в зоне функционирования АЭС, являются: твердые радиоактивные отходы, тепловое воздействие, газообразные выбросы в атмосферу, сбросы в воду и на прилегающую территорию химических загрязнителей.

2. При возникновении аварий на АЭС характерно наличие экологических последствий, связанных с выбросами радиоактивных веществ и распространением их в ОС, приводящих к пагубным последствиям для экосистем и человека.

3. В целях поддержания наиболее благоприятной экологической обстановки на АЭС необходимо постоянно осуществлять комплекс мероприятий организационного и технического характера.

Список источников

1. Экологические проблемы АЭС кратко. – URL : <https://obrazovanie-gid.ru/pereskazy1/ekologicheskie-problemy-aes-kratko.html> (дата обращения: 12.05.2023).
2. Об утверждении федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций» : приказ Ростехнадзора от 17.12.2015 № 522.

References

1. Environmental problems of nuclear power plants briefly. – URL : <https://obrazovanie-gid.ru/pereskazy1/ekologicheskie-problemy-aes-kratko.html> (date of application: 12.05.2023).
2. On Approval of Federal Norms and Rules in the Field of Atomic Energy Use “General Provisions for Ensuring the Safety of Nuclear Power Plants” : Rostekhnadzor Order dated 12.17.2015 № 522.

В. Б. Сажин, д-р техн. наук, профессор, академик РЭА
Российский инвестиционно-инновационный фонд «Научная Перспектива» (Москва, Россия)

СТРАТЕГИЯ СОЗДАНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ЭФФЕКТИВНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ СУШКИ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ ВО ВЗВЕШЕННОМ СЛОЕ

Аннотация. Предлагается научно обоснованная стратегия создания эффективных промышленных установок для сушки дисперсных и диспергируемых материалов во взвешенном слое. Наш подход позволяет сократить время подбора ресурсосберегающей экологически чистой сушилки до 3 – 7 дней.

Ключевые слова: сушка, материал, дисперсный, взвешенный.

V. B. Sazhin, Doctor of Technical Sciences, Distinguished Professor
Russian Investment and Innovation Fund “Scientific Perspective” (Moscow, Russia)

Abstract. A scientifically substantiated strategy for the creation of efficient industrial installations for drying dispersed and dispersible materials in a suspended layer is proposed. Our approach allows us to reduce the time for selecting a resource-saving environmentally friendly dryer to 3 – 7 days.

Keywords: drying, material, dispersed, suspended.

Процессы сушки дисперсных и диспергируемых материалов (составляют до 85% от общего числа высушиваемых материалов) входят в число самых энергоемких, проводятся при высоких относительных скоростях фаз и сопровождаются интенсивным пылением. Нами с сотрудниками разработана стратегия создания оптимальных промышленных сушильных установок для любых дисперсных материалов на основании двух характеристик материала, определяемых экспериментально, – радиуса наиболее тонких пор, из которых по технологической задаче требуется удалять влагу, и коэффициента адгезионно-аутогезионного взаимодействия. Технические решения основаны на традиционных сушилках (и вспомогательном оборудовании), выпускаемых прежде серийно, и сохранившихся в значительном количестве до настоящего времени. Разрушение системы ЦЗЛ (центральных заводских лабораторий) и отраслевых НИИ позволяет организовать стартап регионального значения, который имеет все признаки стать успешным и создать сеть конструкторских бюро с мобильными лабораторными комплексами. В результате без дополнительных вложений войдут в строй промышленные сушильные установки, которые будут заведомо ресурсо-энергосберегающими в рамках технологической задачи для конкретного высушиваемого материала.

Развитие промышленных производств в современных условиях предполагает ресурсосбережение и создание экологически чистых производств. В любой отрасли промышленности одной из самых затратных стадий производства с точки зрения ресурсов и экономики является стадия сушки. Кроме того, это – одна из самых неблагоприятных стадий в экологическом отношении, прежде всего, из-за мощных пылевых и тепловых выбросов в атмосферу с отходящими газами после сушильных установок [1 – 6]. На сушку расходуется до 15...20%

от всех энергетических затрат на промышленное производство страны. Кроме того, общеизвестно, что сушилки являются весьма металлоемким оборудованием и занимают большие производственные площади. Это очень важно учитывать в современных условиях, так как вопросы экономии металла и производственных площадей еще долгие годы останутся в числе актуальных. Сушке подвергаются многие тысячи продуктов во всех отраслях промышленности, в том числе в химической. Причем в химической промышленности большинство продуктов высушивается в дисперсном состоянии, что обусловило все возрастающее применение для их сушки различных гидродинамических режимов взвешенного слоя [1, 3, 5, 7, 8].

Большое количество разнообразных режимов с твердой фазой, появившихся в последнее время, в отличие от режима фильтрующего слоя (неподвижного или плотного движущегося), получило общее название «режимы взвешенного слоя». В настоящее время известны десятки различных режимов взвешенного слоя и число их продолжает увеличиваться.

Применительно к процессам сушки режимы взвешенного слоя весьма селективны. Поэтому традиционный подбор рациональной сушилки взвешенного слоя для конкретного материала занимает несколько месяцев (а иногда и лет) и связан с необходимостью создания целого ряда модельных и опытных установок с различными гидродинамическими режимами с целью последующей экспериментальной проверки на каждой из них возможности и целесообразности высушивания данного продукта. При этом в случае возникновения альтернативных вариантов, как правило, отсутствуют критерии объективной оценки их конкурентной способности, что не позволяет осуществлять оптимизацию процесса сушки. Необходимо, чтобы для каждого продукта было свое оптимальное режимно-конструктивное решение стадии сушки, соответствующее конкретной технологической задаче. Учитывая многотысячный ассортимент подлежащих сушке материалов, анализ неизбежно приводит к необходимости классификации материалов как объектов сушки с учетом технологических требований и разработки для каждого класса материалов типовых сушильных аппаратов, достаточно маневренных для того, чтобы настраиваться на решение разновидностей технологических задач внутри каждого класса (каждой группы) материалов в целях обеспечения оптимального проведения процесса сушки каждого материала данного класса с учетом индивидуальной специфики этого материала.

Нами показана возможность и необходимость подходить системно, на научной основе к проблеме создания эффективных сушильных аппаратов, соответствующих современным требованиям с точки зрения интенсивности, экономии ресурсов, качества продукта, а также экологической чистоты [1, 5, 7, 9 – 11].

Многие из гидродинамических режимов взвешенного слоя реализуются в аппаратах уносного типа (т.е. после интенсивной обработки материала происходит вынос твердой фазы из аппарата), и это требует установки системы пылеочистки. Поэтому решение проблемы пылеочистки после сушильных аппаратов представляет собой, бесспорно, важную задачу. Нами с сотрудниками и учениками в рамках Международной научной школы академика Б. С. Сажина созданы научные основы техники сушки дисперсных материалов при эффективных гидродинамических режимах. Для этого был решен ряд основных задач [1 – 13]:

1. Анализ методов исследования характеристик влажных материалов и выбор рациональных способов, позволяющих оперативно проводить комплексный анализ материалов как объектов сушки.

2. Разработка классификации влажных материалов как объектов сушки, позволяющей, в отличие от существующих, применять прямой переход от статики сушки к выбору рационального гидродинамического режима сушки во взвешенном слое.

3. Выявление характеристических особенностей типовых гидродинамических режимов взвешенного слоя и разработка соответствующей классификации.

4. Аналитические и экспериментальные исследования наиболее важных гидродинамических режимов взвешенного слоя в целях создания методов их расчета и уточнения области рационального применения.

5. Разработка методов количественной оценки активности и эффективности гидродинамических режимов взвешенного слоя с целью объективной оценки альтернативных вариантов при исследованиях новых аппаратов и практическом выборе рациональной конструкции.

6. Анализ существующих решений и выбор оптимальных конструкций типовых аппаратов с взвешенным слоем для каждого класса влажных дисперсных материалов.

7. Разработка методов расчета и моделирования типовых сушильных аппаратов с взвешенным слоем дисперсного материала.

8. Исследование средств пылеочистки, использующих режимы взвешенного слоя, в целях создания экологически чистых сушильных аппаратов или агрегатов с взвешенным слоем.

9. Анализ сушильной установки в целом с точки зрения энергетических затрат и разработка рекомендаций по улучшению работы отдельных частей сушильной установки.

10. Разработка инженерных методов выбора и расчета сушильных установок для конкретных продуктов на основе комплексного анализа материалов как объектов сушки, особенностей технологических задач с учетом требований по экономии энергоресурсов и экологии.

К настоящему времени создана система расчета, позволяющая без экспериментов перейти от статики к кинетике сушки во взвешенном слое на основе принципа соответственных состояний и кинетики сушки модельных материалов с осуществлением комплексного учета экономической целесообразности и экологической чистоты сушки. Впервые представлены анализ и решения, относящиеся к сушильной установке в целом, включая не только собственно сушильные аппараты, но и комплектующее оборудование. Разработана классификация влажных дисперсных и гранулированных материалов как объектов сушки, включающая шесть классов, причем классификация влажных материалов впервые приведена в соответствие с классификацией пор по радиусам, что позволяет при известном механизме переноса влаги в порах правильно оценивать диффузионное сопротивление порового пространства и время удаления влаги из пор при сушке во взвешенном слое. Выявлены характеристические особенности типовых гидродинамических режимов взвешенного слоя и разработана соответствующая классификация. Определены области рационального применения каждого из основных гидродинамических режимов взвешенного слоя, где они могут считаться эффективными. Критерием является то, что в области рационального применения достоинства режима важны для решения соответствующей технологической задачи, а недостатки не имеют существенного значения. При исследовании гидродинамики типовых сушильных аппаратов нами разработаны гидродинамические модели ряда базовых сушилок и открыты ранее неизвестные эффекты [10 – 13].

Список источников

1. Сажин, Б. С. Научные основы техники сушки / Б. С. Сажин, В. Б. Сажин. – М. : Наука, 1997. – 448 с.
2. Сажин, Б. С. Эксергетический анализ работы промышленных установок / Б. С. Сажин, А. П. Булеков, В. Б. Сажин. – М., 2000. – 297 с.
3. Сажин, В. Б. Выбор и расчет аппаратов с взвешенным слоем / В. Б. Сажин, М. Б. Сажина. – М. : РосЗИТЛП, 2001. – 336 с.
4. Сажин, В. Б. Сушка в закрученных потоках: теория, расчет, технические решения / В. Б. Сажин, М. Б. Сажина. – М. : РосЗИТЛП, 2001. – 324 с.
5. Sazhin, B. S. Scientific Principles of Drying Technology / B. S. Sazhin, V. B. Sazhin // New York-Connecticut (USA). – Wallingford (U.K.) : Begell House Inc., 2007. – 506 p.
6. Сажин, В. Б. Научные основы термовлажностной обработки дисперсных и рулонных материалов / Б. С. Сажин, В. Б. Сажин. – М. : Химия, 2012. – 776 с.
7. Сажин, В. Б. Научные основы стратегии выбора эффективного сушильного оборудования / В. Б. Сажин, Б. С. Сажин. – М. : Химия, 2013. – 544 с.
8. Сажин, В. Б. Створення високоефективності установок для сушіння дисперсійних і диспергіруємих матеріалів / В. Б. Сажин, Б. С. Сажин // Технологія-2020. – м. Северодонецьк (Україна), 2020. – 243 с. – С. 52–53 ; Вибір ефективного гідродинамічного режиму сушіння на основі ексергетичного аналізу. – Там же: С. 54–55.
9. Сажин, В. Б. // ТОХТ. 2008. – Т. 42, № 6. – С. 638 – 653 ; 2001. – Т. 35, № 5. – С. 472 – 478.
10. Sazhin, V. B. Actual contemporary problems of effective drying of dispersed materials in swirled flows / V. B. Sazhin, B. S. Sazhin // Sciences of Europe. – 2018. – No. 34. – P. 50 – 63.
11. Sazhin V. New phenomena and approaches in theory and practice of drying of dispersed materials in a vortex layer / V. Sazhin // Proceedings of the XIV International Multidisciplinary Conference “Innovations and Tendencies of State-of-Art Science”. – Rotterdam (Nederland) : Mijnbestseller Nederland, 2021. – P. 118.
12. Sazhin, V. Energy and resource efficiency of devices with counter-swirling flows during drying, dust collection and granulation of dispersed materials / V. Sazhin // XXIII Int. Multidisciplin. Conf. “Prospects and Key Tendencies of Science in Contemporary World”. Proceedings of the Conference (September, 2022). – Bubok Publishing S.L., Madrid, Spain. 2022. – 74 p.
13. Sazhin, V. B. Analysis of phase motion in vortex apparatuses. Theory, experiment, practice / V. Sazhin // Danish Scientific Journal (DSJ) No64/2022:København V Denmark, 2020. – 73 p.

References

1. Sazhin B. S., Sazhin V. B. Scientific foundations of drying technology. – М. : Nauka, 1997. – 448 p.
2. Sazhin B. S., Bulekov A. P., Sazhin V. B. Exergy analysis of industrial installations. – М. : 2000. – 297 p.
3. Sazhin, V. B. Selection and calculation of devices with a weighed layer / V. B. Sazhin, M. B. Sazhin. – М. : RosZITLP, 2001. – 336 p.
4. Sazhin, V. B. Drying in swirling flows: theory, calculation, technical solutions / V. B. Sazhin, M. B. Sazhin. – М. : RosZITLP, 2001. – 324 p.
5. Sazhin, B. S. Scientific Principles of Drying Technology / B. S. Sazhin, V. B. Sazhin // New York-Connecticut (USA). – Wallingford (U.K.) : Begell House Inc., 2007. – 506 p.
6. Sazhin, V. B. Nauchnye osnovy teplomoistnoy obrabotki dispersed and rolled materials / B. S. Sazhin, V. B. Sazhin. – М. : Chemistry, 2012. – 776 p.

7. Sazhin V. B. Nauchnye osnovy strategii vybora effektivnogo dushilnogo oborudovaniya [Scientific foundations of strategy for selecting effective drying equipment] / Sazhin, B. S. Sazhin. – M. : Chemistry, 2013. – 544 p.
8. Sazhin V. B., Sazhin B. S. The creation of high-quality plants for drying dispersed and dispersed materials / Technology-2020. – m. Severodonetsk (Ukraine), 2020. – 243 p. – P. 52–53 : Selecting an effective hydrodynamic drying regime based on exergetic analysis. – Ibid. : p. 54–55.
9. Sazhin V. B. // Theoretical foundations of chemical technology. – 2008, 42, No. 6, p. 638 – 653 ; 2001, 35, No. 5, p. 472 – 478.
10. Sazhin, V. B. Actual contemporary problems of effective drying of dispersed materials in swirled flows / V. B. Sazhin, B. S. Sazhin // Sciences of Europe. – 2018. – No. 34. – P. 50 – 63.
11. Sazhin V. New phenomena and approaches in theory and practice of drying of dispersed materials in a vortex layer / V. Sazhin // Proceedings of the XIV International Multidisciplinary Conference “Innovations and Tendencies of State-of-Art Science”. – Rotterdam (Nederland) : Mijnbestseller Nederland, 2021. – P. 118.
12. Sazhin, V. Energy and resource efficiency of devices with counter-swirling flows during drying, dust collection and granulation of dispersed materials / V. Sazhin // XXIII Int. Multidisciplin. Conf. “Prospects and Key Tendencies of Science in Contemporary World”. Proceedings of the Conference (September, 2022). – Bubok Publishing S.L., Madrid, Spain. 2022. – 74 p.
13. Sazhin, V. B. Analysis of phase motion in vortex apparatuses. Theory, experiment, practice / V. Sazhin // Danish Scientific Journal (DSJ) No64/2022:København V Denmark, 2020. – 73 p.

Н. Р. Соколова, руководитель
АНО «Равноправие» (Москва, Россия)

ЭНЕРГОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАК ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ В УСЛОВИЯХ САНКЦИОННОГО ДАВЛЕНИЯ

Аннотация. Рассматриваются вопросы по сокращению выбросов парниковых газов на национальном уровне, в том числе энергоемкость ВВП. Изложены макроэкономические условия целевого сценария энергоперехода. Деятельность российских компаний активно внедряет международные стандарты экологического и социального управления, а также формируют «зеленую повестку». Показано значение Федеральной научно-технической программы в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений до 2030 года для обеспечения энергоперехода. Представлены результаты исследования.

Ключевые слова: выбросы парниковых газов, ВВП, энергопереход, климатические изменения, «зеленая повестка», научно-техническая программа.

N. R. Sokolova, Director
ANO “Ravnopravie” (Moscow, Russia)

ENERGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY OF INDUSTRIES AS A BASIS FOR RUSSIA’S SUSTAINABLE DEVELOPMENT UNDER SANCTIONS PRESSURE

Annotation. Issues of reducing greenhouse gas emissions at the national level, including the energy intensity of GDP, are being considered. Macroeconomic conditions of the target energy transition scenario. The activities of Russian companies are actively implementing international standards of environmental and social management, as well as forming a “green agenda”. The importance of the Federal scientific and technical program in the field of environmental development of the Russian Federation and climate change until 2030 to ensure the energy transition. The results of the study are presented.

Keywords: greenhouse gas emissions, GDP, energy transition, climate change, green agenda, science and technology program.

1. Определение решаемой задачи. Россия продолжает разделять стремления мирового сообщества к сокращению факторов, оказывающих негативное влияние на изменения климата, продвигая концепции по сокращению выбросов парниковых газов на национальном уровне. В этой связи возникает важность снижения энерго- и углеродоемкости отечественной экономики как ключевых факторов экономического роста и устойчивого развития.

Под энергоемкостью валового внутреннего продукта (ВВП) понимают удельное потребление энергоресурсов по отношению ВВП в тоннах условного топлива в национальной валюте. Углеродоемкость ВВП – объем выбросов CO₂ от сжигания ископаемого топлива в расчете на единицу ВВП [1, 2].

Согласно оценкам Минэкономразвития России и Росстата по итогам 2021 г. совокупное потребление ТЭР составило 888,7 млн т. у. т. Наиболее энергоемкими секторами стабильно являются «Электроэнергетика, производство тепловой энергии» (27,4%), «Обрабатывающая промышленность» (20%), «Население» (17,2%) и «Транспорт» (15,2%) – см. рис. 1 [3].

СТРУКТУРА ПОТРЕБЛЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ЭНЕРГИИ ПО УКРУПНЕННЫМ СЕКТОРАМ В 2015–2021 ГГ.

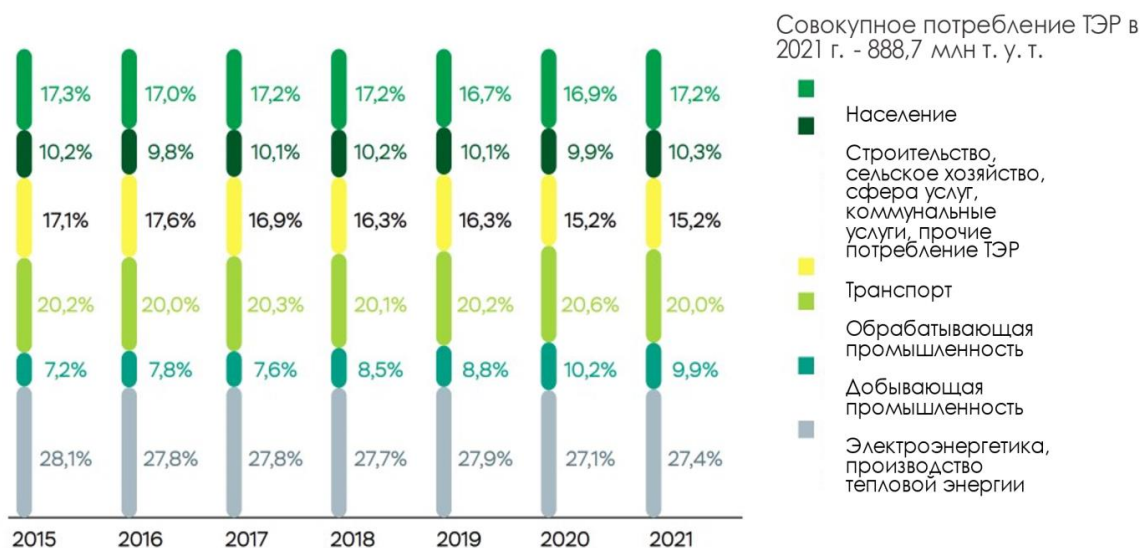


Рис. 1. Структура потребления первичной энергии по укрупненным секторам в 2015 – 2021 гг. Источник: [3]

ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ВВП И ПОТРЕБЛЕНИЕ ТЭР В РОССИИ

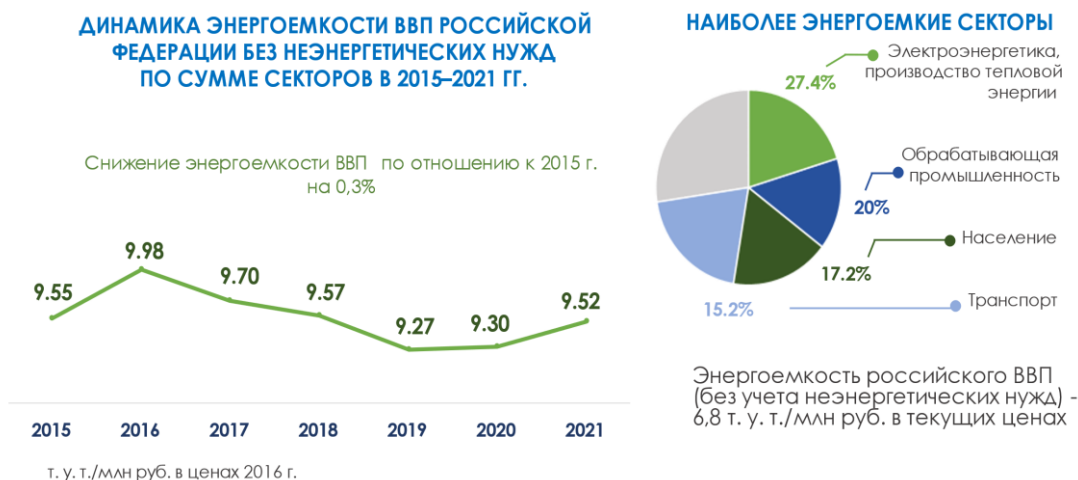


Рис. 2. Энергоёмкость ВВП и потребление ТЭР в России. Источник: [3]

Энергоёмкость российского ВВП (без учета неэнергетических нужд) составила 6,8 т. у. т./млн руб. в текущих ценах (9,72 т. у. т./млн руб. в ценах 2016 г.) (рис. 2) [3].

2. Содержание исследования. В соответствии с данными Национального доклада о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990 – 2020 гг. в структуре выбросов парниковых газов системно доминирует энергетический сектор, доля которого в совокупном выбросе без учета поглощения составляет 77,9%, промышленности – 11,8%, сельского хозяйства – 5,7%, отрасли по обращению с отходами – 4,6%. При этом углеродоемкость российского ВВП составила 13,86 т/CO₂ экв./млн руб. (рис. 3) [4].

Следует отметить, что Российская Федерация ставит амбициозные цели по достижению климатической нейтральности. Так, цель национальной стратегии экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов – адаптировать нашу экономику к глобальному энергопереходу, сократить выбросы парниковых газов и добиться углеродной нейтральности к 2060 году при устойчивом росте экономики [5].

Макроэкономические условия целевого сценария предполагают опережающие темпы роста неэнергетического экспорта (до 4,4% ежегодно). Вклад в устойчивый рост экономики будут вносить как опережающие темпы роста инвестиций в основной капитал (3,7% ежегодно), так и стабильный рост реальных располагаемых доходов (2,5% ежегодно). При этом ожидается более умеренное падение энергетического экспорта с 2030 года, в том числе за счет переориентации на продукцию высокого передела и реализации мер по повышению конкурентоспособности российского энергетического экспорта на внешних рынках [5].

В целевом сценарии предусмотрены изменения энергетического баланса за счет ВИЭ (ветра, солнца, воды, водорода, атома, отходов). Реализация целевого сценария потребует инвестиций в снижение выбросов парниковых газов в объеме около 1% ВВП в 2022 – 2030 годах и до 1,5...2,0% ВВП – в 2031 – 2050 годах [5].

ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

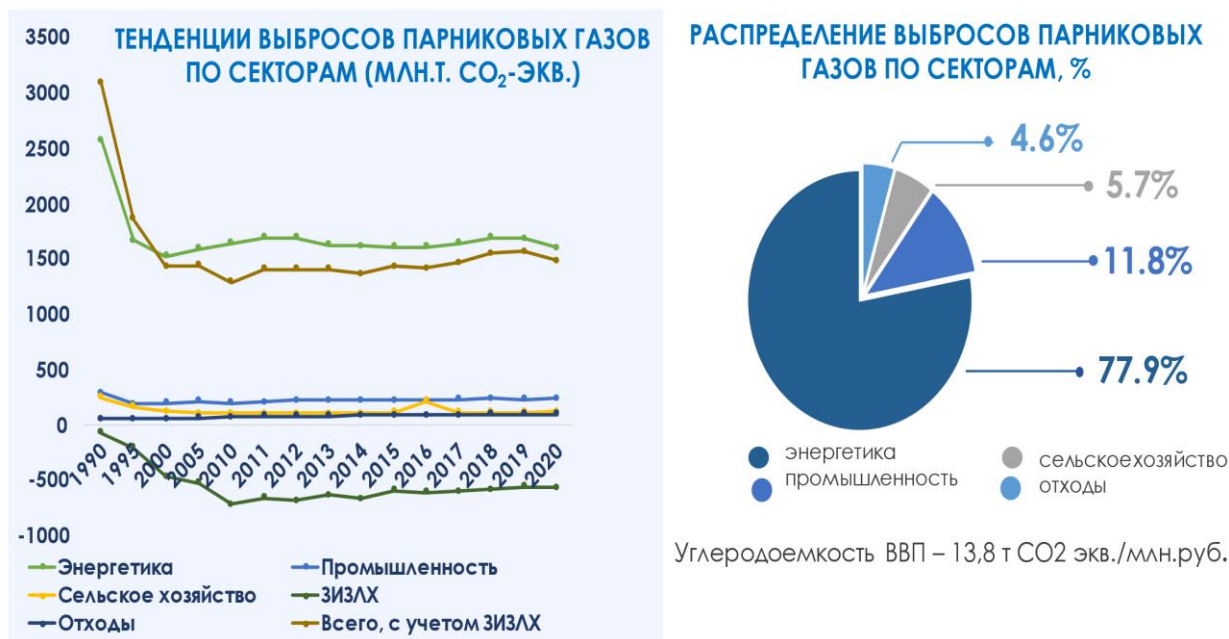


Рис. 3. Выбросы парниковых газов в Российской Федерации. Источник: [4]

Среди мероприятий по декарбонизации со стороны государства – оказание мер поддержки в отношении внедрения, тиражирования и масштабирования низко- и безуглеродных технологий, стимулирование использования вторичных энергоресурсов, изменение налоговой, таможенной и бюджетной политики, развитие зеленого финансирования, меры по сохранению и увеличению поглощающей способности лесов и иных экосистем, поддержка технологий улавливания, использования и утилизации парниковых газов.

Таким образом, в рамках целевого сценария станет возможным рост экономики при уменьшении выбросов парниковых газов. К 2050 году их чистая эмиссия снизится на 60% от уровня 2019 года и на 80% от уровня 1990 года (рис. 4) [5].

Значительная часть российских компаний активно внедряет международные стандарты экологического и социального управления, а также формируют «зеленую повестку» для привлечения внешнего финансирования и повышения уровня конкурентоспособности.

Крупный российский бизнес, интегрированный в мировую экономику, подталкивают к снижению углеродного следа внешние факторы: регуляторные риски, требования иностранных бирж, инвесторов и партнеров (все большее их количество отказывается от сотрудничества с компаниями с «негативными» углеродными характеристиками).

Так, например, в 2020 г. крупная американская инвестиционная компания PIMCO не купила социальные облигации ОАО «Российские железные дороги», так как 50% ее грузооборота приходится на уголь и нефтепродукты [6].

Самые передовые российские компании оценили свой углеродный след и делают шаги на пути к сокращению выбросов с учетом Парижского соглашения и европейской «Зеленой сделки». Тем не менее компаний, заявивших о планах добиться нулевых парниковых выбросов к 2050 году, пока единицы: En+ Group, Татнефть, X5 Retail Group, S7 Airlines (рис. 5) [6].

Однако достижение Россией задач по «зеленому» переходу, обеспечению энерго-экологической безопасности оказалось под угрозой из-за санкций стран Запада, которые были введены против России. Санкции затронули финансовую и технологическую сферы, важные для «зеленого» перехода.

Основной вопрос – это чистые технологии, позволяющие снижать выбросы парниковых газов и углеродный след продукции. До последних событий уже были определенные ограничения на передачу России технологий, и сейчас они полностью прекращены. С этой точки зрения нехватка технологий, оборудования и расходных материалов может напрямую сказаться на работе, в том числе систем очистки, общем увеличении количества выбросов.

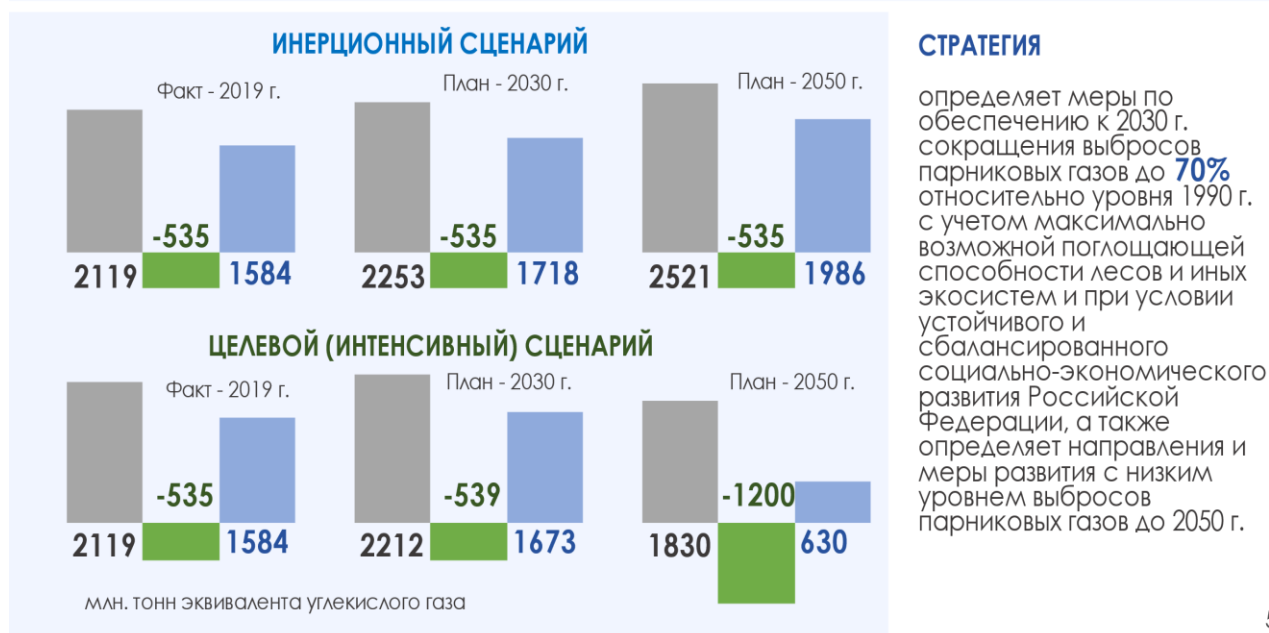
Большое беспокойство вызывают предприятия, оказывающие значительное негативное воздействие на окружающую среду, так называемые объекты I категории. Это предприятия в сфере химической и горнодобывающей промышленности, металлургии.

При этом разрыв технологических связей с западными странами ведет к очевидному – России необходимо развивать собственный рынок чистых технологий. Своих НИОКР в этом направлении у нас практически нет, и в этом смысле санкции являются хорошим поводом для их развития, так как в предыдущие годы мы импортировали технологии и практически не инвестировали в собственные разработки.

В этой связи весьма своевременно утверждение Федеральной научно-технической программы в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений до 2030 года, так как ее реализация позволит получить научные результаты и разработать прорывные технологии, которые помогут управлять климатическими рисками и минимизировать их (рис. 6) [7].

Кроме того, многие компании уже переориентированы на азиатские рынки технологических инноваций (Китай, Казахстан, Индия).

СТРАТЕГИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ С НИЗКИМ УРОВНЕМ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ДО 2050 ГОДА



5

Рис. 4. Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов. Источник: [5]

СРЕДНСРОЧНЫЕ И ДОЛГОСРОЧНЫЕ ЦЕЛИ РОССИЙСКИХ КОМПАНИЙ

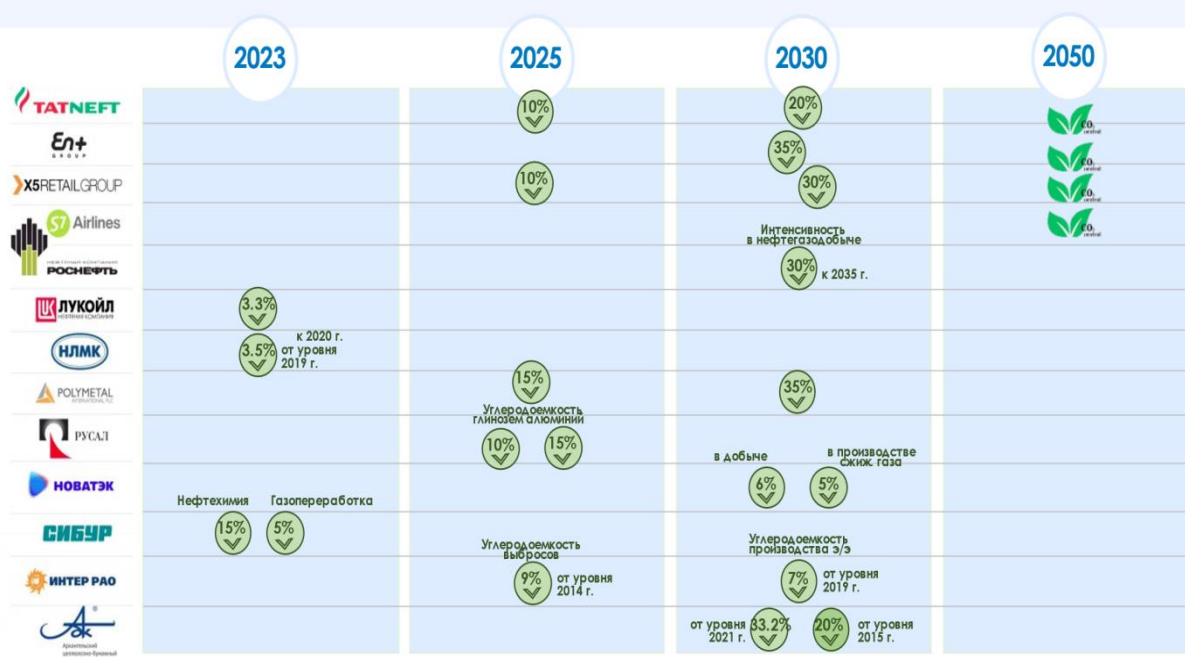


Рис. 5. Среднесрочные и долгосрочные цели российских компаний. Источник: [6]

ФЕДЕРАЛЬНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ



ПЕРИОД РЕАЛИЗАЦИИ

2021 – 2030 гг.



МИССИЯ ФНТП

Обеспечить получение международно признаваемых наблюдаемых и расчетных данных в области экологии и климата

РЕАЛИЗАЦИЯ ФНТП ПОЗВОЛИТ ОБЕСПЕЧИТЬ:



достижение мирового уровня в части наукоемких технологий мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды и климата, включая опасные природные явления, основанных на современных наблюдательных системах и физико-математическом моделировании



разработку и внедрение низкоуглеродных, а также экологически чистых технологий в различные отрасли экономики Российской Федерации



использование высокого адаптационного потенциала Российской Федерации и повышение эффективности мер по адаптации к изменениям климата для различных экологических систем, социальных групп, отраслей экономики и регионов Российской Федерации



научное обоснование проведения эффективных мероприятий по защите российских производителей от зарубежных ограничительных мер, вводимых под предлогом экологической и климатической безопасности

7

Рис. 6. Федеральная научно-техническая программа в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений. Источник: [7]

3. Результат. «Зеленый» переход в России возможен, несмотря на новый виток санкционного давления и новые геополитические реалии. Для этого необходимо выполнение ряда условий:

- создания в России углеродного рынка, подобного старейшей в мире системе торговли квотами European Union Emission Trading Scheme, который будет взаимодействовать с другими близкими национальными и региональными рынками;
- создания эффективной системы взаимовыгодного сотрудничества государства, бизнес-сообщества и гражданского общества, основанного на принципах рационального природопользования;
- введения мер государственного регулирования, направленных на безусловное достижение целевых параметров стратегии экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов;
- осуществления «зеленого» перехода не только за счет сырьевого сектора экономики, но и за счет сельского хозяйства, сферы ЖКХ и металлургии;
- введения для отраслей промышленности целевых показателей по снижению энергоемкости и углеродоемкости (рис. 7) [8].

Реализация национальной идеи улучшения качества жизни граждан на основе удвоения ВВП не за счет удорожания стоимости продукции, а путем обеспечения энерго-экологической безопасности, повышения энергоэффективности экономики, позволила бы России по ВВП на душу населения войти в первую тридцатку стран-лидеров. И это решило бы одну из главных задач, обозначенную в Стратегии – повышение жизненного уровня населения страны.

НЕОБХОДИМЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ «ЗЕЛЕНОГО» ПЕРЕХОДА В РОССИИ

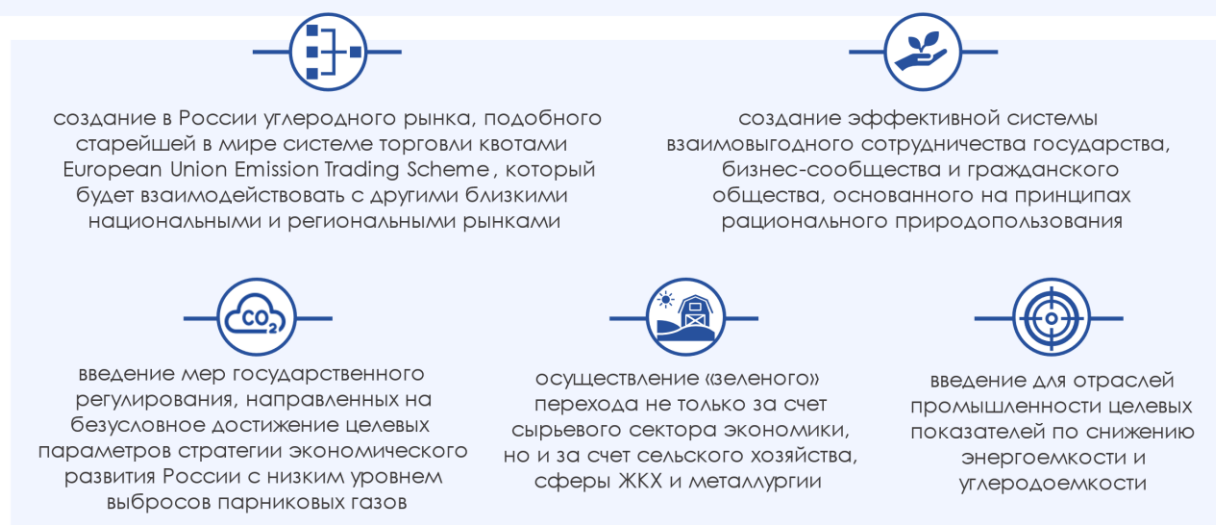


Рис. 7. Необходимые условия для «зеленого» перехода в России. Источник: [8]

Список источников

1. Башмаков, И. А. Энергоемкость ВВП России в 2015 – 2020 годах Ч. 1. Анализ динамики. [Электронный ресурс] / И. А. Башмаков. – URL : https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?
2. Степанов, И. А. Налоги в энергетике и их роль в сокращении выбросов парниковых газов / И. А. Степанов // Экономический журнал ВШЭ. – 2019. – Т. 23, № 2. – С. 290 – 313.
3. О состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации в 2021 году : Государственный доклад. – М. : ЦСП, 2022.
4. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990 – 2020 гг. – М. : ФГБУ «ИГКЭ», 2022.
5. Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года (Утверждена Распоряжением Правительства РФ от 29.10.2021 № 3052-р).
6. Корпоративные стратегии углеродной нейтральности [Электронный ресурс] // Минэкономразвития России. – URL : <https://www.economy.gov.ru/material/file/f55d57f8dcbb8ec195b1575e857610dc/03062021.pdf>
7. Федеральная научно-техническая программа в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений до 2030 года. (Утверждена Постановлением Правительства РФ от 8.02.2022 № 133).
8. Перспективы «зеленого» перехода России в условиях санкционного давления стран Запада : доклад / К. К. Суховерхов ; под ред. И. Н. Тимофеева, Е. О. Карпинской, С. М. Гавриловой ; Российский совет по международным делам (РСМД). – М. : НП РСМД, 2022. – № 82.

References

1. Bashmakov I. A. Energy intensity of Russia's GDP in 2015–2020 Part 1. Analysis of dynamics. [Electronic resource]. – URL : https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?
2. Stepanov I. A. Taxes in the energy sector and their role in reducing greenhouse gas emissions / Economic Journal of the Higher School of Economics. – 2019. – V. 23, No. 2. – P. 290 – 313.

3. State report “On the state of energy saving and energy efficiency in the Russian Federation in 2021”. – M. : TsSR, 2022.
4. National report on the inventory of anthropogenic emissions from sources and removals by sinks of greenhouse gases not controlled by the Montreal Protocol for 1990-2020. – M.: FGBU “IGKE”, 2022.
5. Strategy for the socio-economic development of the Russian Federation with a low level of greenhouse gas emissions until 2050 (Approved by Decree of the Government of the Russian Federation of October 29, 2021 No. 3052-r).
6. Corporate strategies for carbon neutrality / Ministry of Economic Development of Russia [Electronic resource]. – URL : <https://www.economy.gov.ru/material/file/f55d57f8dcbb8ec195b1575e857610dc/03062021.pdf>
7. Federal scientific and technical program in the field of environmental development of the Russian Federation and climate change until 2030. (Approved by Decree of the Government of the Russian Federation of February 8, 2022 No. 133).
8. Prospects for Russia's “green” transition in the face of sanctions pressure from Western countries : report No 82 / 2022 / K. K. Sukhoverkhov ; ed. I. N. Timofeeva, E. O. Karpinskaya, S. M. Gavrilova ; Russian International Affairs Council (RIAC). – M. : NP RIAC, 2022.

Н. А. Цыбиков¹, член-корреспондент РЭА,
канд. физ.-мат. наук, доцент, **Т. И. Сидорович¹**, инженер,
М. И. Фалеев², Заслуженный спасатель РФ, канд. пед. наук,
В. А. Зверьков³, инженер-математик, магистр делового администрирования,
В. М. Каганов⁴, канд. мат. наук, доцент
¹ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России (Москва, Россия);
²Центроспас МЧС России (Жуковский, Россия);
³ООО «АтомПроектЭнергоСервис» (Москва, Россия);
⁴ФГБУ ГНИИИ ВМ МО РФ (Москва, Россия)

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЕВЕРНЫХ МАКРОРЕГИОНОВ – СТРАТЕГИЧЕСКОЕ НАПРАВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ И УКРЕПЛЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ

Аннотация. Рассмотрены варианты комплексных подходов решения проблем энергетической и социально-экономической безопасности жизнедеятельности населения при реализации стратегических проектов эксплуатации северных территорий.

Ключевые слова: вызовы, безопасность, жизнедеятельность, управление, эксплуатация.

N. A. Tsybikov¹, Corresponding Member of the REA, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, **T. I. Sidorovich¹**, Engineer, **M. I. Faleev²**, Honored Rescuer of the Russian Federation, Candidate of Pedagogical Sciences, **V. A. Zverkov³**, Mathematical Engineer, Master of Business Administration, **V. M. Kaganov⁴**, Candidate of Mathematical Sciences, Associate Professor
¹FGBU VNII GOChS (Federal Center) of the Ministry of Emergency Situations of Russia (Moscow, Russia);
²Centros pas of the Russian Ministry of Emergency Situations (Zhukovsky, Russia);
³ООО Atomproektenergосervice (Moscow, Russia);
⁴FGBU GNIII VM of the Ministry of Defense of the Russian Federation (Moscow, Russia)

IMPROVING THE INTERACTION OF MANAGEMENT STRUCTURES TO ENSURE THE INTEGRATED SAFETY OF SETTLEMENTS IS THE MOST IMPORTANT STRATEGIC DIRECTION OF INTENSIVE EXPLOITATION OF THE ARCTIC MACRO-REGIONS OF RUSSIA

Abstract. The variants of complex approaches to solving the problems of energy and socio-economic security of the population in the implementation of strategic projects for the exploitation of northern territories are considered.

Keywords: challenges, safety, vital activity, management, operation.

Введение. Реализация утвержденных в 2020 – 2023 гг. государственными документами планов развития российской Арктики на период до 2035 год, укрепление национальной безопасности, интенсивная эксплуатация стратегических промышленных, горнодобываю-

щих, газо-нефтехимических и энергетических объектов определяют практическую потребность в развитии структур антикризисного управления для преодоления противодействующих вызовов/угроз/чрезвычайных ситуаций (ЧС) различного характера [1, 2].

При реализации федерального проекта «Развитие Северного морского пути» ГК «Росатом» – инфраструктурный оператор СМП реализует скоординированные с МЧС России и другими ключевыми ведомствами показатели развития атомного флота (ФГУП «Атомфлот») и его навигационно-гидрографического обеспечения (ФГУП «Гидрографическое предприятие»). По данным Дирекции «Северного морского пути» грузоперевозки составили в 2022 году в 34 млн т, в 2023 году запланированы – 36 млн т, в 2024 году – 80 млн т. В 2030 году грузопотоки по СМП и реализации проекта социально-экономического развития «Круглогодичный Севморпуть» и обеспеченном росте портовых мощностей, парка ледоколов (не менее 13) и других целевых показателей оценены в 150 млн т.

В развитии атомного ледокольного флота предусмотрены поэтапное (2022 – 2027 гг.) введение в строй шести новых универсальных серийных атомоходов проекта 22220 («Арктика», «Сибирь», «Урал» и др.), постройка дополнительных атомных/неатомных ледоколов для потребителей ледокольных услуг – компаний «Норникель», «Новатэк» и «Роснефть» с учетом географических особенностей логистики вывоза продукции, эксплуатационных характеристик (ширины корпуса судна и прокладываемого во льду канала). На судостроительном комплексе «Звезда» строят головной атомный ледокол «Россия» проекта 10510 («Лидер») с ужесточенными требованиями по автономности, запасу топлива, составу и численности экипажа, другим характеристикам для эксплуатации в азиатских трассах СМП.

Модернизация лоцмейстерского и гидрографического флота позволила без дополнительной нагрузки на федеральный бюджет выполнить на 100% планы 2022 года гидрографических исследований на путях движения крупнотоннажных судов высокоширотных трасс в Карском, Восточно-Сибирском, Лаптевых морях, проливе Санникова. Ввод в 2024 году головного гидрографического судна высокого ледового класса Arc7 обеспечит ледовые промеры малоизученных высокоширотных вариантов трасс проходов по СМП с учетом экономической эффективности и безопасности.

Проблемы энергетики северных территорий. Эксплуатация северных территорий возможна только при наличии надежных бесперебойных источников электроэнергии, обеспечивающих деятельность ледокольного флота, комплексной акваторриальной инфраструктуры и безопасность жизнедеятельности населения по всей трассе СМП. В Российской Федерации в труднодоступных регионах со значительными организационными трудностями функционирует маломощная автономная электроэнергетика. Решение проблем за счет прокладки новых сетей в большинстве случаев нецелесообразно экономически либо невозможно в связи с условиями рельефа, удаленностью и децентрализацией потребителей. Радикальным решением этой проблемы может стать внедрение атомных станций малой мощности (АСММ): плавучих, транспортабельных и стационарных в государственной стратегии энергообеспечения регионов, не входящих в единую энергосистему. К сожалению, единая концепция и программа децентрализованного энергоснабжения таких регионов в Российской Федерации до конца не выработаны. Создание инфраструктуры по проекту освоения месторождений Баимской рудной зоны предусматривает ввод энергопорта для четырех модернизированных плавучих атомных энергоблоков (МПЭБ), их строительство и установку в терминале на мысе Наглейнын (рис. 1).



Рис. 1. Планируемый до 2035 года ввод 16 новых атомных энергоблоков АЭС в Российской Федерации

По нашему мнению, плавучие атомные энергоблоки предпочтительнее для реализации «Газпромом» перспективных проектов: технологически выгоднее работать с ГК «Росатом», не строя собственные газовые турбины, получая за счет атомных технологий дешевую по северным меркам электроэнергию.

Возможные варианты оптимизации аварийной готовности/реагирования (АГР) Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС). В районах дислокации стратегических критически важных и потенциально-опасных объектов СМП Комплексным планом развития аварийно-спасательной инфраструктуры в Арктической зоне Российской Федерации (утвержден 29 апреля 2021 № 421п-П4) предусмотрено развитие унифицированных систем управления АГР РСЧС федерального, регионального и муниципального уровней. Поддержка систем предупреждения и ликвидации ЧС на техногенно опасных объектах (ТОО) предусматривает развертывание спутниковой и арктической авиационной группировок (на базе вертолетов Ми-8/Ми-38, наземных/судовых вертолетных площадок/аэродромов), судовой сети (универсальных атомных ледоколов/многофункциональных спасательных судов Arc-5, судов класса река-море), акваториальных комплексов и береговой инфраструктуры СМП. Вариант информационного взаимодействия в системе антикризисного управления на объектах российской Арктики в составе РСЧС приведен на рис. 2 [3, 4]. Реализация комплексного подхода к организации и проведению мероприятий комплексного мониторинга при методическом руководстве МЧС России возможна только во взаимодействии подсистем РСЧС, объединяющей структуры, силы и средства федеральных органов исполнительной власти, исполнительной власти субъектов Российской Федерации, местного самоуправления и организаций, в полномочия которых входит решение вопросов защиты населения и территорий от ЧС. Координационными органами единой системы должны быть комиссии по предупреждению и ликвидации ЧС и обеспечению пожарной безопасности (ПБ) субъектов/муниципалитетов РФ (КЧС и ПБ) [4, 5].

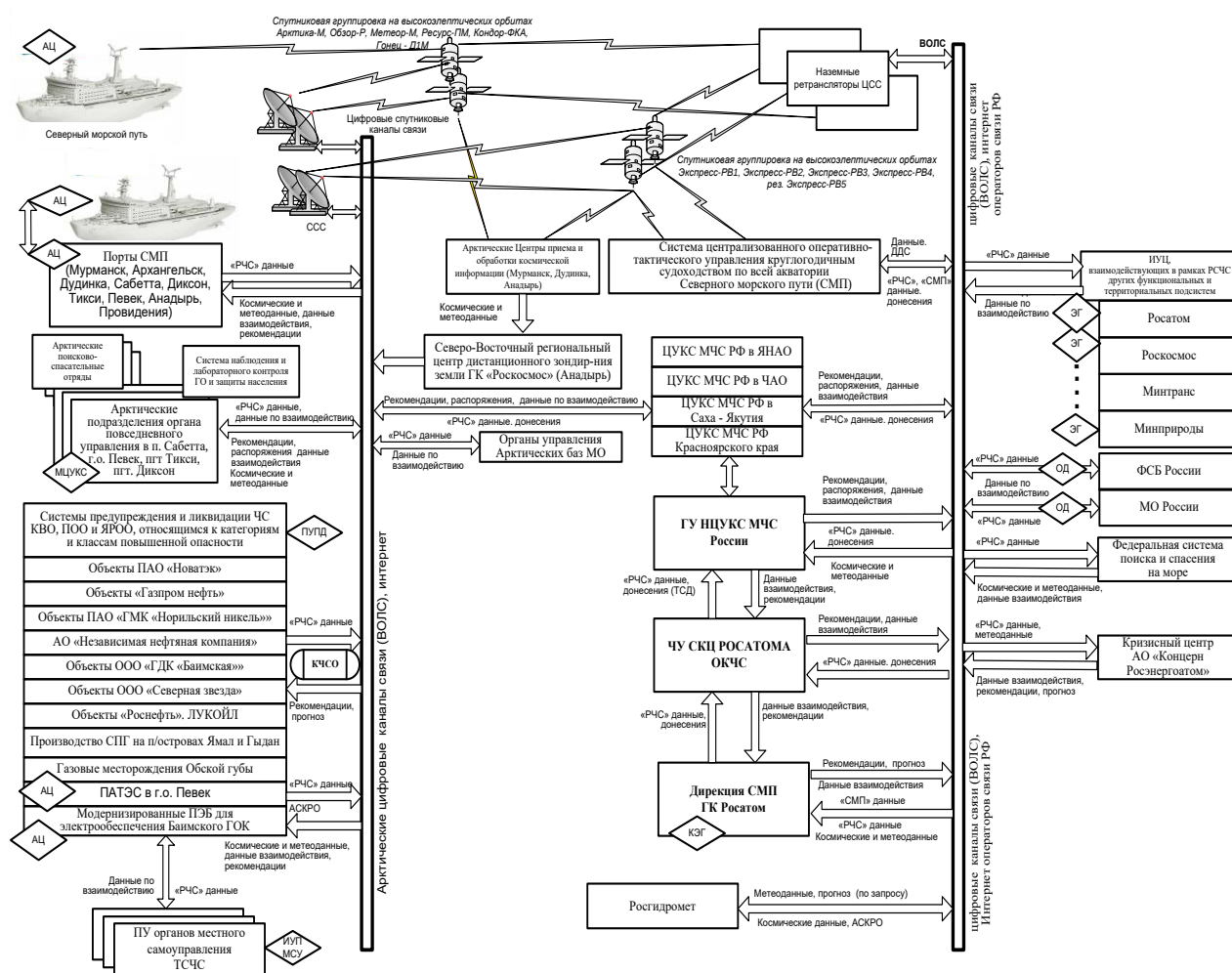


Рис. 2. Вариант информационного взаимодействия в системе антикризисного управления на объектах российской Арктики в составе РСЧС

Вывод. Практика интенсивной эксплуатации Крайнего Севера и Дальнего Востока, реализации национальных проектов обосновывают необходимость формирования системного обеспечения комплексной безопасности эксплуатируемых акваторий/территорий на основе применения надежных источников децентрализованной/централизованной энергетики, эффективного вовлечения разрабатываемых ресурсов в экономику, декарбонизации энергосистемы страны в целом, совершенствования безотходных и(или) малоотходных технологий, критического осмысления накопленного Россией исторического опыта, возможностей адаптации социально-экономической сферы в снижении отрицательного и сохранении положительного уроков прошлой деятельности по преодолению различного характера вызовов/угроз.

Список источников

1. Габричидзе, Т. Г. Основы комплексной системы безопасности критически важных (потенциально опасных) объектов муниципального и регионального уровней : монография / Т. Г. Габричидзе. – Самара : Изд-во СамНЦ РАН, 2012. – 390 с.
2. Проблемы и пути совершенствования проведения аварийно-спасательных работ при ликвидации ЧС : сб. тр. секции № 2 XXXII МНПК «Предотвращение. Спасение. Помощь», 1 марта 2022 года. – Химки : ФГБВОУ ВО АГЗ МЧС России, 2022.

3. Зверьков, В.А. Перспективные направления совершенствования технологий защиты населения и окружающей среды от бедствий/катастроф на ТОО труднодоступных регионов / В. А. Зверьков, М. И. Фалеев, Н. А. Цыбиков. – С. 37 – 47.

4. Стратегические направления повышения взаимодействия компетентных структур СНГ по обеспечению безопасности объектов ТЭК в новых экономических реалиях / М. И. Фалеев и др. // Международное сотрудничество Евразийских государств: политика, экономика, право. – М. : АНО «Научно-исследовательский институт проблем безопасности СНГ совместно с ООО «Издательство «Русь», 2022. – № 3. – С. 64 – 82.

5. Фалеев, М. И. Преодоление экологических проблем предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций – одно из приоритетных направлений организации спасательных операций / М. И. Фалеев, Н. А. Цыбиков / материалы III Междунар. науч.-практ. конф., посвященной Всемирному дню гражданской обороны : в 3 ч. Ч. I. Проблемы гражданской обороны / М. В.Алешков и др. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2019. – С. 65 – 74.

6. Варианты оптимизации комплексного радиоэкологического мониторинга в Арктической зоне России при эксплуатации плавучей атомной теплоэлектростанции «Академик Ломоносов» / М. И. Фалеев и др. // Технологии гражданской безопасности. – 2020. Т. 17, № 3(65). – С. 53 – 61 ; 2020. – Т. 17, № 4(66). – С. 69 – 79 ; 2021. – Т. 18, № 1(67). – С. 60 – 64.

References

1. Gabrichidze, T. G. Fundamentals of an integrated security system for critically important (potentially dangerous) facilities at the municipal and regional levels : a monograph / T. G. Gabrichidze. – Samara : SAMNTS RAS Publishing House, 2012. – 390 p.

2. Problems and ways to improve the conduct of emergency rescue operations in emergency situations: proceedings of Section No. 2 XXXIII of the MNPC “Prevention. Salvation. Help”, March 1, 2022. – Khimki : Federal State Budgetary Educational Institution of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2022.

3. Promising areas for improving technologies to protect the population and the environment from disasters /catastrophes in remote regions / Zverkov V. A., Faleev M. I., Tsybikov N. A. – P. 37 – 47.

4. Strategic directions for increasing the interaction of competent CIS structures to ensure the safety of fuel and energy complex facilities in the new economic realities / M. I. Faleev et al. // International cooperation of the Eurasian states: politics, economics, law. 2022. – М. : АНО “Scientific Research Institute of Security Problems of the CIS together with ООО “Rus Publishing House”, 2022. – No. 3. – P. 64 – 82.

5. Faleev M. I., Tsybikov N. A. Overcoming environmental problems of emergency prevention and response is one of the priorities for organizing rescue operations // Materials of the III International Scientific and Practical Conference dedicated to the World Civil Defense Day : at 3 a.m. Problems of civil defense / Aleshkov M. V. and others. – М. : Academy of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2019. – P. 65 – 74.

6. Options for optimizing integrated radioecological monitoring in the Arctic zone of Russia during the operation of the floating nuclear thermal power plant Akademik Lomonosov / M. I. Faleev et al. // Civil security technologies. – 2020. – V. 17, No. 3(65). – P. 53 – 61 ; 2020. – V. 17, No. 4(66). – P. 69 – 79 ; 2021. – V. 18, No. 1(67). – P. 60 – 64.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ИННОВАЦИОННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПЕРСПЕКТИВЫ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА, УРБОЭКОЛОГИЯ, «ЗЕЛЕНОЕ» И БЕЗОПАСНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

<i>А. В. Воякина, Я. А. Даньшова, А. А. Путинцева, М. В. Долженкова.</i> ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ДЛЯ СОВРЕМЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	3
<i>О. Б. Демин, Т. Ф. Ельчищева, Б. О. Демин, Е. В. Демина.</i> ОСОБЕННОСТИ ПРОВИНЦИАЛЬНОГО МОДЕРНА В АРХИТЕКТУРНОЙ СРЕДЕ ГОРОДА ТАМБОВА В НАЧАЛЕ XX ВЕКА	8
<i>Т. Ф. Ельчищева, О. Б. Демин, Б. О. Демин, Е. В. Демина.</i> АРХИТЕКТУРНЫЙ ОБЛИК ПРОВИНЦИАЛЬНОГО МОДЕРНА ГОРОДА ТАМБОВА	13
<i>В. Н. Лукашевич, О. Д. Лукашевич.</i> СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА	18
<i>А. Н. Морозова, М. В. Долженкова.</i> РАЗВИТИЕ АРКТИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ	22
<i>Е. В. Новичков, Я. А. Аверин, С. Ю. Неверова.</i> АВТОМАТИЧЕСКАЯ ГЕНЕРАЦИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ЖИЛИЩНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ЗАДАЧАХ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	29
<i>М. А. Улыбина, М. В. Долженкова.</i> КОНЦЕПЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ И РЕНОВАЦИИ ТАМБОВСКОГО СПИРТЗАВОДА НА АНДРЕЕВСКОЙ.....	33

2. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭКОЛОГИЧНОГО, БЕЗОПАСНОГО И УСТОЙЧИВОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

<i>В. Д. Аверченкова, А. В. Козачек.</i> ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОМ СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	39
<i>С. М. Ведущев, А. В. Прохоров, Е. Б. Ложкина, А. Ю. Конев, А. И. Кадомцев.</i> ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ МОБИЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА	45
<i>С. Н. Витязь, М. М. Колосова, Е. Б. Роткина.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ФАЦЕЛИИ ПИЖМО-ЛИСТНОЙ (<i>RHASCALIA TANACETIFOLIA</i> VENTH.) ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОЧВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ИОНАМИ ЦИНКА ПРИ ПОДГОТОВКЕ ИХ К ВЕДЕНИЮ ОРГАНИЧЕСКОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА.....	49
<i>М. Е. Выгузов, С. В. Прохоров, Н. С. Рязнин, М. В. Шукин, Е. Б. Ложкина.</i> СКРЕБКОВЫЙ ДОЗАТОР КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ КОРМОВ.....	54
<i>М. Х. Жумалиева, А. В. Комиссаров, Д. Н. Кутляров.</i> РАЗВИТИЕ МЕЛИОРАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН.....	58
<i>А. И. Завражнов, А. В. Балашов, С. М. Кольцов, А. А. Синельников, С. С. Толстошеин, Д. А. Николюкин.</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОХРАННОСТИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ.....	62
<i>С. В. Иванов, А. Д. Обухов.</i> ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ РАЗРАБОТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ ПО ФОТОМАТЕРИАЛАМ	66

<i>С. В. Иванов.</i> ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ ПАРЕТО ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ ПО ФОТОМАТЕРИАЛАМ.....	70
<i>А. А. Кажияхметова, А. Н. Омаров, С. М. Ведущев.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОМБИКОРМОВ НА ФЕРМАХ.....	74
<i>А. Г. Красноперов, В. А. Зарудный, В. В. Бардаш.</i> ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КОРМОПРОИЗВОДСТВЕ	80
<i>М. А. Кулдошин, В. С. Левин, А. В. Прохоров.</i> АНАЛИЗ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ ТРАКТОРОВ, НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ В ХОЗЯЙСТВАХ АПК	87
<i>Е. Б. Ложкина, А. Ю. Конев, А. А. Терехов, Н. С. Рзянин, А. Г. Павлов.</i> КОЭФФИЦИЕНТ БОКОВОГО РАСПОРА КОМБИКОРМА	91
<i>А. О. Сухова, Р. М. Маматказин.</i> РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОДНОРАЗОВОЙ ПОСУДЫ ИЗ ПЛОДОВО-ОВОЩНОГО ЖМЫХА.....	95
<i>С. В. Романцова, Н. В. Вerveкина, И. В. Гладышева, С. Н. Романцов.</i> ВЛИЯНИЕ ПРИСАДОК НА СТАБИЛЬНОСТЬ БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ПРИ ХРАНЕНИИ	99
<i>Д. Р. Дашкина, С. В. Степанова</i> ИННОВАЦИОННЫЕ СОРБЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА	103
<i>А. О. Сухова, А. В. Нехорошева, Ю. С. Медведева, О. С. Филимонова, Р. М. Маматказин, С. О. Жоголева.</i> ЗЕЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ЧАСТЬ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	107
<i>М. В. Щукин, Е. Б. Ложкина, А. А. Терехов, Н. С. Рзянин, А. В. Прохоров.</i> ДОЗАТОРЫ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ КОРМОВ.....	112

3. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОМЫШЛЕННО-ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ И ТРАНСПОРТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ

<i>В. Д. Аверченкова, А. В. Козачек.</i> ОБЗОР МЕХАНИЗИРОВАННЫХ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СБОРА МУСОРА.....	117
<i>Е. С. Бакунин, Д. И. Лысенко, М. С. Гончарова.</i> ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА УСЛОВНУЮ ВЯЗКОСТЬ МЕЛАМИНОКАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНОЙ СМОЛЫ, ПРИМЕНЯЕМОЙ В ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	122
<i>И. В. Владимцева, М. Катехлиев, А. А. Тихонова.</i> ВЫДЕЛЕНИЕ ИЗ ПОЧВЫ БАКТЕРИАЛЬНОГО ШТАММА, УТИЛИЗИРУЮЩЕГО ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В СТОЧНЫХ ВОДАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	124
<i>П. А. Галкин, О. В. Ломакина.</i> ОСОБЕННОСТИ СКЛАДИРОВАНИЯ И ПЕРЕВОЗКИ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ	127
<i>В. М. Дмитриев, Е. А. Сергеева.</i> МОДИФИКАЦИЯ СУШИЛЬНЫХ АППАРАТОВ С ВЗВЕШЕННЫМ СЛОЕМ ИНЕРТНОГО НОСИТЕЛЯ	130
<i>В. М. Дмитриев, Е. А. Сергеева.</i> ОСОБЕННОСТИ ГИДРОДИНАМИКИ АППАРАТОВ С АКТИВНЫМ ВЗВЕШЕННЫМ СЛОЕМ КОМБИНИРОВАННЫХ ИНЕРТНЫХ НОСИТЕЛЕЙ	133

<i>А. О. Сухова, А. В. Козачек, С. О. Жоголева.</i> СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОПИЛОК ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕКОРАТИВНЫХ ИЗДЕЛИЙ В ЦЕЛЯХ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБОТКИ	137
<i>Д. И. Лысенко, М. С. Гончарова, Е. С. Бакунин.</i> ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДИФИКАТОРОВ НА УСЛОВНУЮ ВЯЗКОСТЬ КЛЕЕВОЙ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ФЕНОЛФОРМАЛЬДЕГИДНОЙ СМОЛЫ GR326 T34.....	140
<i>М. Д. Милованова, Д. Д. Слеткова, И. В. Хорохорина.</i> БИОПЛАСТИК: ПУТЬ К ЗАМЕНЕ НЕФТЯНЫХ ПОЛИМЕРОВ И СОКРАЩЕНИЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	144
<i>В. Б. Сажин.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОЕМКИХ ПРОЦЕССОВ КАК ВЕКТОР СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ	147
<i>В. Б. Сажин.</i> РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ СОВМЕЩЕНИИ ПРОЦЕССОВ В МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ АППАРАТАХ СО ВСТРЕЧНЫМИ ЗАКРУЧЕННЫМИ ПОТОКАМИ.....	153

4. ТЕХНОЛОГИИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, СОВРЕМЕННЫЕ ХИМИЯ, БИОЛОГИЯ И БИОТЕХНОЛОГИИ В УСТОЙЧИВОМ ИННОВАЦИОННОМ РАЗВИТИИ

<i>М. А. Абызов, С. А. Вязовов.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА ОБРАТНООСМОТИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РАСТВОРОВ, СОДЕРЖАЩИХ ОПТИЧЕСКИЕ ОТБЕЛИВАТЕЛИ	160
<i>А. Н. Аскарлов, М. Ю. Субочева.</i> ОЧИСТКА ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД В ПРОИЗВОДСТВЕ АЗОКРАСИТЕЛЕЙ И ПИГМЕНТОВ.....	165
<i>М. А. Баклыкова, И. Н. Шубин.</i> РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОГО СОРБЕНТА НА ОСНОВЕ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА.....	170
<i>В. С. Колкова, Я. В. Устинская, М. С. Темнов, Д. С. Дворецкий.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНОЙ ИНГИБИРУЮЩЕЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЕПТИДНОЙ ФРАКЦИИ SPIRULINA PLATENSIS В ОТНОШЕНИИ ГРАМПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ БАКТЕРИЙ	175
<i>В. А. Нестерова, К. И. Меронюк, М. С. Темнов, Д. С. Дворецкий.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗВЛЕЧЕНИЯ КАРОТИНОИДОВ ИЗ МИКРО-ВОДОРОСЛИ CHLORELLA SOROKINIANA.....	178
<i>Т. В. Петерс, М. А. Еськова, М. С. Темнов, Д. С. Дворецкий.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ФИКОЦИАНИНА ИЗ БИОМАССЫ ЦИАНОБАКТЕРИЙ SPIRULINA PLATENSIS	180
<i>Е. Д. Таныгина, А. Ю. Таныгин.</i> АНТИКОРРОЗИОННЫЕ СОСТАВЫ НА ОСНОВЕ ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА	183

5. ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ, РОБОТОТЕХНИКА, БПЛА И СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ, КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ

<i>А. А. Алексеева, А. Р. Касимова.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ В ЦЕЛЯХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	189
<i>В. К. Новиков, В. В. Алферов, Д. С. Мизгирев.</i> НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВАЛКИ НАВАЛОЧНЫХ ГРУЗОВ В РЕЧНОМ ПОРТУ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	194

<i>О. А. Греков.</i> ВНЕДРЕНИЕ НОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И СОВРЕМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНЫМИ РЕСУРСАМИ РЕГИОНОВ	197
<i>Д. Ю. Гусев, А. А. Рыбанов.</i> РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РЕЛЯЦИОННЫХ БАЗ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ НЕЧЕТКИХ ЗАПРОСОВ	200
<i>И. Н. Федорчук, А. А. Комиссаров, С. С. Отнякин.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СИСТЕМЫ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ	204
<i>С. Неверова, Е. Новичков, Я. Аверин, А. Уютнов.</i> ТРЕХМЕРНЫЕ МОДЕЛИ В ПРАВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ	209
<i>А. Д. Обухов, Д. Л. Дедов, А. С. Лопатко.</i> ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ДЕЙСТВИЙ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ	213
<i>С. В. Овсянникова, А. А. Галанина.</i> ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ	217
<i>К. А. Русякова, О. В. Свиридова.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АДМИНИСТРАТОРА САЛОНА КРАСОТЫ	222
<i>З. М. Селиванова, З. А. Х. Аль-Судани.</i> ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ КОНТРОЛЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ	227
<i>Е. О. Суркова, А. Е. Архипов.</i> СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ТРИАНГУЛЯЦИИ В ЗАДАЧАХ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ	236
<i>Е. О. Суркова, С. В. Карпушкин.</i> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ПОЗЫ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	236
<i>Д. В. Теселкин, Н. А. Вехтева, А. Ю. Свеишников.</i> ПРИМЕНЕНИЕ АВТОЭНКODЕРОВ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПО ЦИФРОВОЙ ТЕНИ ДВИЖЕНИЙ ТЕЛА	240
<i>М. А. Шильцын, Ю. В. Никитников, В. С. Круглов, А. О. Назарова.</i> ВОЗМОЖНОСТЬ ЗАМЕЩЕНИЯ МЕДИЦИНСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ОФТАЛЬМОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ	244

6. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, ИННОВАЦИОННАЯ ЭНЕРГЕТИКА, «ЗЕЛЕНАЯ» ЭНЕРГЕТИКА И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ

<i>Д. С. Баршутина, В. В. Еремин, С. Н. Баршутин.</i> ТЕРМОЭМИССИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПЛАМЕНИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ	248
<i>А. О. Сухова, А. В. Козачек, М. М. Дудышева.</i> ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ ИЗ ОПАВШИХ ЛИСТЬЕВ КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ	251
<i>В. В. Еремин, Д. С. Баршутина, С. Н. Баршутин.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДАВЛЕНИЯ НА ВРЕМЯ ЖИЗНИ ИОНИЗИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В СРЕДЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА	255

<i>Н. В. Земцова, А. В. Щегольков, П. Н. Никулин.</i> ТЕПЛОВЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ НА ОСНОВЕ ТЕРМОМАГНИТНОЙ КОНВЕКЦИИ ДЛЯ СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВОК	258
<i>Н. В. Земцова, А. В. Щегольков.</i> ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАГРЕВАТЕЛИ ДЛЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОНАГРЕВА В КОНВЕКТИВНО- ВАКУУМНЫХ СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ.....	263
<i>Н. В. Земцова, А. В. Щегольков, С. Ю. Евдокимова.</i> ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК С ПОМОЩЬЮ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПИРОЛИЗА ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ	267
<i>А. В. Моисеева, М. А. Мутушев.</i> ИННОВАЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ ПО СНИЖЕНИЮ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ С ОТХОДЯЩИМИ ГАЗАМИ ОГНЕТЕХНИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ	270
<i>А. В. Нехорошева, А. О. Сухова.</i> ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ТЕПЛО- ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	275
<i>С. В. Новиков.</i> АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ЗОНАХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ВОЗМОЖНЫЕ СПОСОБЫ ЕГО УЛУЧШЕНИЯ	279
<i>В. Б. Сажин.</i> СТРАТЕГИЯ СОЗДАНИЯ РЕСУРСΟΣБЕРЕГАЮЩИХ ЭФФЕКТИВНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ СУШКИ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ ВО ВЗВЕШЕННОМ СЛОЕ	282
<i>Н. Р. Соколова.</i> ЭНЕРГОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАК ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ В УСЛОВИЯХ САНКЦИОННОГО ДАВЛЕНИЯ	287
<i>Н. А. Цыбиков, Т. И. Сидорович, М. И. Фалеев, В. А. Зверьков, В. М. Каганов.</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЕВЕРНЫХ МАКРОРЕГИОНОВ – СТРАТЕГИЧЕСКОЕ НАПРАВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ И УКРЕПЛЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ.....	295

Научное электронное издание

**В. И. ВЕРНАДСКИЙ: ИНЖЕНЕРНАЯ НАУКА
И ОБРАЗОВАНИЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ**

*(К 160-летию со Дня рождения земского деятеля,
ученого, академика В. И. Вернадского)*

Материалы Международной научно-практической конференции

1–2 июня 2023 г.

В двух томах

Том 2

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И БЕЗОПАСНОСТИ В ЭНЕРГЕТИКЕ,
ПРОМЫШЛЕННОСТИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ, СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ,
ТРАНСПОРТНОЙ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ СФЕРАХ**

Редактирование И. В. Калистратовой, Л. В. Комбарово́й, Е. С. Мордасовой
Графический и мультимедийный дизайнер Т. Ю. Зото́ва
Обложка, упаковка, тиражирование И. В. Калистратовой

ISBN 978-5-8265-2902-7



Подписано к использованию 28.04.2025.

Тираж 100 шт. Заказ № 61

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14.

Тел. 8(4752) 63-81-08.

E-mail: izdatelstvo@tstu.ru