



Году семьи  
посвящается

В рамках  
Фестиваля науки  
в Тамбовской  
области



# ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

ВЫПУСК XVI

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ  
ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА,  
ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ  
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ, ПРИБОРЫ  
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, НАНОТЕХНОЛОГИИ, МАШИНОСТРОЕНИЕ  
БИОТЕХНОЛОГИЯ, БИОМЕДИЦИНСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ  
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ  
ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ И ДРУГИХ ТЕХНОЛОГИЙ  
ЭНЕРГЕТИКА, ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ  
РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ  
АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО, ТРАНСПОРТ  
ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ  
ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

*Научное электронное издание*

Тамбов  
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
2024

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Российская экологическая академия  
Ассоциация «Объединенный университет им. В. И. Вернадского»

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тамбовский государственный технический университет»

# **ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

**Сборник научных статей  
молодых ученых, аспирантов и студентов**

**Выпуск XVI**

**Фундаментальные естественные науки  
Информатика, вычислительная техника, информационные системы  
Системный анализ и управление, приборы  
Материаловедение, нанотехнологии, машиностроение  
Биотехнология, биомедицинская инженерия  
Технология продуктов питания  
Процессы и аппараты химических и других технологий  
Энергетика, энергоснабжение, энергосбережение  
Радиотехника и связь  
Архитектура и строительство, транспорт  
Экономика, управление качеством продукции  
Проблемы техногенной безопасности**

*Научное электронное издание*



---

Тамбов  
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
2024

### Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, доц. М. В. Соколов (ответственный редактор);  
д-р техн. наук, проф. В. И. Леденев; д-р пед. наук, проф. Н. П. Пучков;  
д-р техн. наук, проф. Н. С. Попов; д-р техн. наук, проф. С. В. Пономарев;  
член-корреспондент Российской академии архитектуры и строительных наук,  
д-р техн. наук, проф. П. В. Монастырев; д-р техн. наук, проф. О. С. Дмитриев;  
д-р техн. наук, проф. Ю. Ю. Громов; д-р техн. наук, проф. Н. Ц. Гагапова;  
д-р техн. наук, проф. А. Г. Ткачев; д-р техн. наук, проф. Д. М. Мордасов;

**П78** **Проблемы** техногенной безопасности и устойчивого развития [Электронный ресурс] : сборник научных статей молодых ученых, аспирантов и студентов / ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2024. – Вып. XVI. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-дисковод ; 5,5 Mb ; RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-8265-2825-9

В сборнике представлены статьи участников отборочного тура программы У.М.Н.И.К. 2024 г. в рамках Девятнадцатой межвузовской научной студенческой конференции Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития», а также молодых ученых, аспирантов и студентов по приоритетным научным направлениям университета: фундаментальные естественные науки; информационные системы и технологии; системный анализ и управление, приборы; материаловедение, нанотехнологии, машиностроение; биотехнология, биомедицинская инженерия; процессы и аппараты химических и других технологий; энергетика, энергоснабжение, энергосбережение; архитектура и строительство, транспорт.

Материалы могут быть полезны преподавателям, аспирантам, студентам-исследователям, а также инженерно-техническим работникам различных отраслей промышленности.

ББК я43

*Сборник подготовлен по материалам, предоставленным в электронном варианте, и сохраняет авторскую редакцию.*

*Все выпуски сборника размещены в Научной электронной библиотеке (РИНЦ) e-library.ru*

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

ISBN 978-5-8265-1643-0 (общ.)  
ISBN 978-5-8265-2825-9 (вып. XVI)

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2024

УДК 544.723

*Е. И. Кровякова, М. В. Ахтукова, Д. П. Ростова\**

**АДСОРБЦИЯ ТРИАЛКИЛАМИНОВ НА ПОВЕРХНОСТИ (001)  
ФТАЛОЦИАНИНА МЕДИ**

Пигмент голубой фталоцианиновый имеет широкий спектр применения. Его используют в лакокрасочной, текстильной и резиновой промышленности. Данный пигмент термостоек, устойчив к кислотам и щелочам и всем видам пленкообразователей. В данной работе будем исследовать сорбцию поверхностно-активных веществ (ПАВ) на пигменте с кристаллической структурой, соответствующей  $\beta$ -модификации, с целью придания ей большей олеофильности.

Повышение олеофильности пигмента необходимо для придания устойчивости в алкидном связующем. Будем исследовать адсорбцию различных поверхностно-активных веществ на поверхности (001) пигмента голубого фталоцианинового. Из работы [1] выяснили, что в качестве ПАВ наиболее эффективно использовать третичные амины с различной длиной цепи (от триметиламина до триоктиламина).

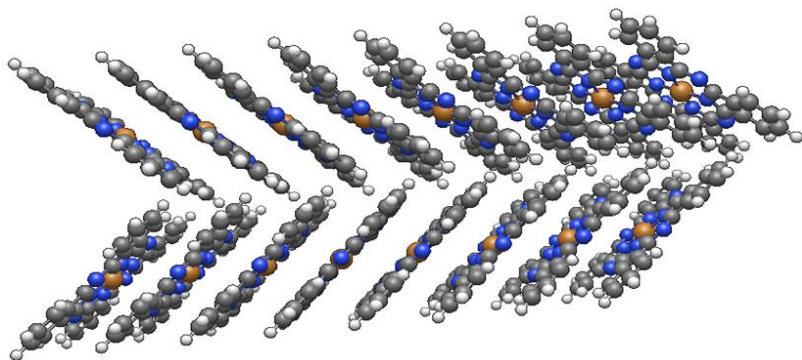
Расчеты проводились в программном обеспечении ORCA 5 [2] полуэмпирическим методом ХТВ2 [3] и методом теории функционала плотности (DFT)  $r^2$ SCAN-3с [4] (ONIOM метод, 2 верхних молекул  $r^2$ SCAN-3с, остальное ХТВ2). ONIOM метод в дальнейшем называем QMMM1. ХТВ2 был выбран, так как хорошо описывает дисперсионные силы, которые являются преобладающими при сорбции на данной поверхности,  $r^2$ SCAN-3с более надежен для хемосорбции, однако более затратен по вычислительным ресурсам. В качестве модели растворителя использовалась ALPB для ХТВ2 и SMD для  $r^2$ SCAN-3с, растворитель – вода.

Для моделирования поверхности пигмента использовался кластерный подход с шестнадцатью молекулами, соответствующими геометрии кристаллической решетки для  $\beta$ -модификации.

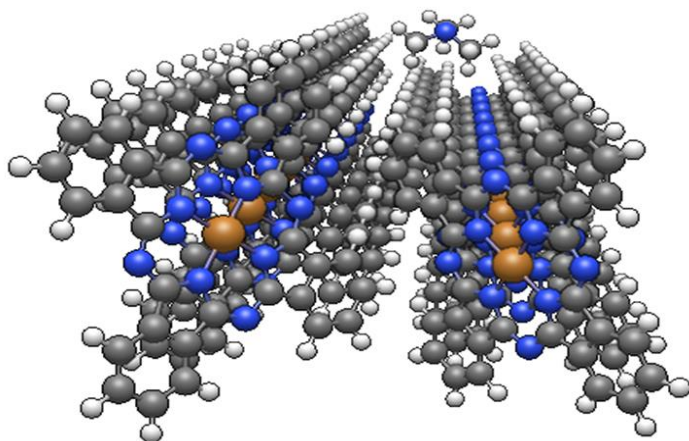
Шестнадцатимолекулярный кластер голубого фталоцианинового пигмента представлен на рис. 1.

---

\* Работа выполнена под руководством кандидата технических наук, доцента ФГБОУ ВО «ТГТУ» А. А. Дегтярева



**Рис. 1. Шестнадцатимолекулярный кластер фталоцианина меди**



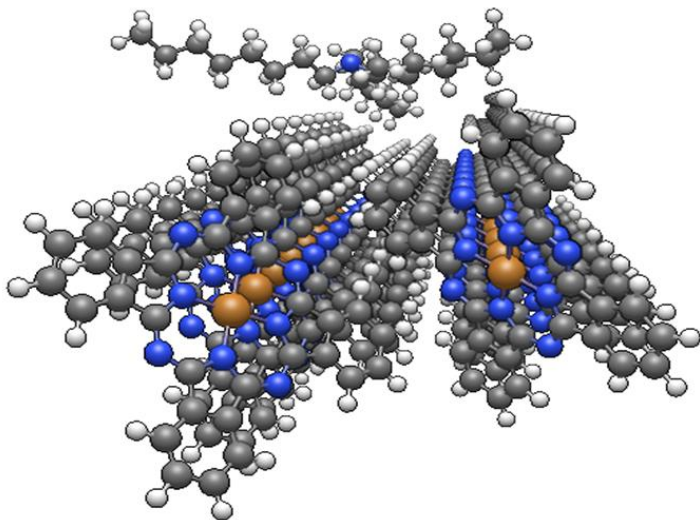
**Рис. 2. Шестнадцатимолекулярный кластер фталоцианина меди с триметиламином на поверхности (001)**

Модели пигмента голубого фталоцианинового  $\beta$ -модификации с триметиламином и триоктиламином представлены на рис. 2, 3.

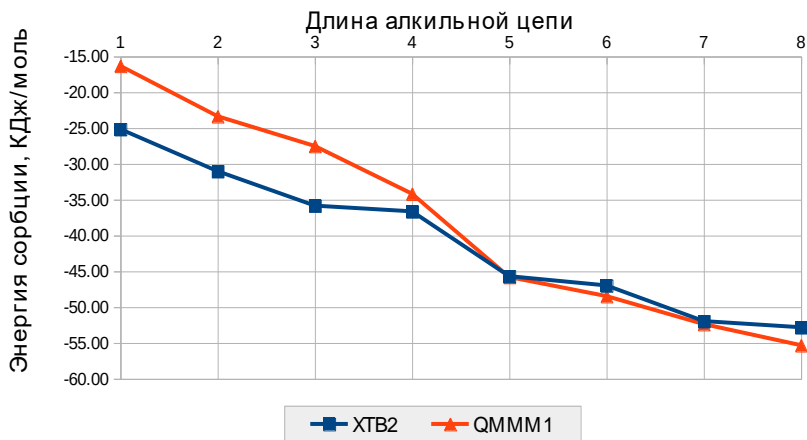
Поверхность (001) находится сверху.

Наиболее энергетически выгодным оказалось положение молекул ПАВ таким образом, чтобы одна из алкильных групп была параллельна стопкам молекул пигмента, что дает максимальную площадь контакта молекул триалкиламинов с исследуемой поверхностью.

Рассчитанная энергия сорбции разными методами и ее зависимость от длины алкильной цепи представлена на рис. 4.



**Рис. 3.** Шестнадцатимолекулярный кластер фталоцианина меди с триэтиламинном на поверхности (001)



**Рис. 4.** Зависимость энергии сорбции от длины алкильной цепи

Исходя из графика можно сделать вывод, что при увеличении длины алкильной цепи (начиная с трибутиламина) методы дают практически одинаковые значения энергии. В молекулах с триметиламина до трибутиламина метод XTB2 дает завышенные значения. Таким

образом, наблюдаем линейное увеличение энергии. Такое увеличение присуще Ван-Дер-Ваальсовым дисперсионным взаимодействиям, которые характеризуются небольшими значениями энергии сорбции.

Величины полученных значений энергии можно интерпретировать так, что сорбция триалкиламинов на поверхности (001) крайне ограничена и возможна только при относительно небольших температурах.

Таким образом, учитывая данные работы [1], можно сделать вывод, что триалкиламины в водном растворе сорбируются только на поверхности, содержащей атомы меди, которая является наиболее гидрофильной, и увеличивают общую олеофильность даже при очень небольших концентрациях.

### Список литературы

1. Прогнозирование возможности олеофилизации поверхности фталоцианина меди на основании индексов реакционной способности / А. А. Дегтярев, А. В. Тришина, Т. П. Дьячкова и др. // Журнал физической химии. – 2020. – Т. 94, № 8. – С. 1263 – 1268. – DOI : 10.31857/S0044453720080051

2. Najibi, A. DFT-D4 counterparts of leading meta-generalized-gradient approximation and hybrid density functionals for energetics and geometries / A Najibi, L. Goerigk // Journal of Computational Chemistry. – 2020. – V. 41, No. 30. – P. 2562 – 2572. – DOI : 10.1002/jcc.26411

3. Woon, D. E. Gaussian basis sets for use in correlated molecular calculations. III. The atoms aluminum through argon / D. E. Woon, T. H. Dunning // Journal of Chemical Physics. – 1993. – V. 98. – P. 1358. – DOI : 10.1063/1.464303

4. A generally applicable atomic-charge dependent London dispersion correction / E. Caldeweyher, S. Ehlert, A. Hansen et al. // Journal of Chemical Physics. – 2019. – V. 150, No. 15. – P. 154122. – DOI : 10.1063/1.5090222

*Кафедра «Химия и химические технологии» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

УДК 004.9

*Ю. В. Никитников, В. С. Круглов\**

### **РАЗРАБОТКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ВИРТУАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ**

При эксплуатации газоперекачивающих станций могут происходить непредвиденные чрезвычайные происшествия, к одному из которых относится утечка газа на предприятии. Основываясь на данной проблеме, был реализован виртуальный тренажер, позволяющий сотрудникам ознакомиться с порядком действий для выявления зоны с неполадкой. Таким образом данный тренажер позволяет повысить квалификацию у работника и закрепить уже имеющиеся навыки [1].

Виртуальный тренажер – это симуляция реального объекта в виртуальной среде, сценарий взаимодействия с которым заложен в программу обучения. С помощью шлема виртуальной реальности стажер может полностью перенестись в сферу деятельности для дальнейшего получения опыта работы и подготовиться к эксплуатации реального объекта.

В процессе разработки тренажера реализованы 3D-модели сцены и набор программного обеспечения для взаимодействия с объектами виртуального мира. Для данной симуляции разработана система вывода ошибок, предупреждающая пользователя о совершении неверного действия. В тренажере также реализованы методы расчета точности выделения зон с утечками и корректность выбранной концентрации.

Псевдослучайная генерация утечки газа реализуется с помощью шума Перлина (рис. 1). Для этого исходная локация проецируется на плоскость в виде текстуры, которая считывается как двумерный массив геометрии карты. Каждый элемент полученной матрицы является узлом сетки – псевдослучайным вектором. Полученные вектора интерполируются, делая переходы между областями сгенерированного газа плавными. Также вводятся дополнительные ограничения для регулирования зон генерации.

---

\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, доцента кафедры «Системы автоматизированной поддержки принятия решений» ФГБОУ ВО «ТГТУ» А. Д. Обухова.



При выполнении тренировки пользователю требуется найти источник утечки на карте, определить максимальную концентрацию газа и выделить обнаруженную область на карте (рис. 2).

Для поиска зон с утечкой используется специальное оборудование:

- сенсор, используется для замера концентрации в ограниченной области (рис. 3, а).

- противогаз, требуется для безопасного передвижения в области утечки, чтобы избежать негативного воздействия газа (рис. 3, б);

Виртуальный тренажер обеспечивает развитие необходимых навыков для работников газоперекачивающей станции. Пользователь может передвигаться по предприятию при помощи контроллеров, а также с их помощью взаимодействовать с объектами для выполнения поставленных ему задач. Тренажер является хорошей подготовительной базой для развития профессиональных навыков.

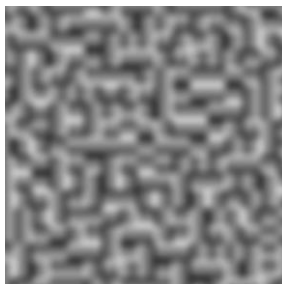


Рис. 1. Шум Перлина

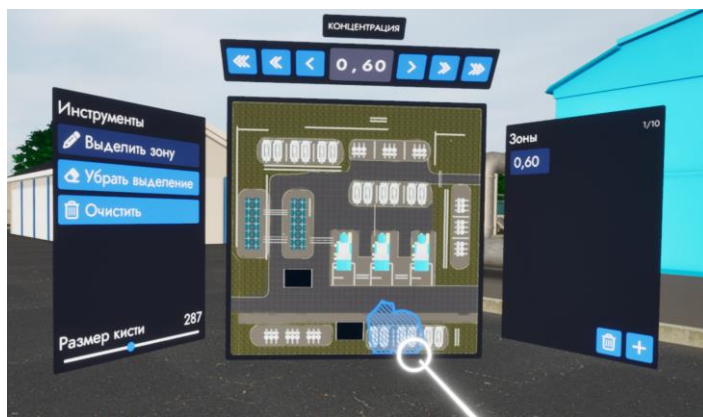
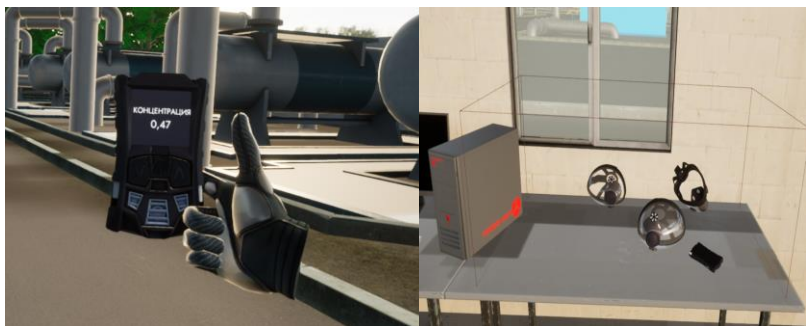


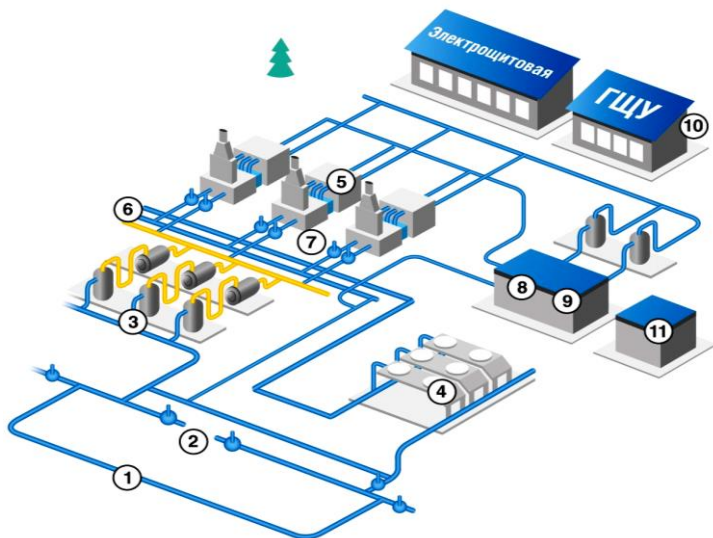
Рис. 2. Взаимодействие с картой зоны



а)

б)

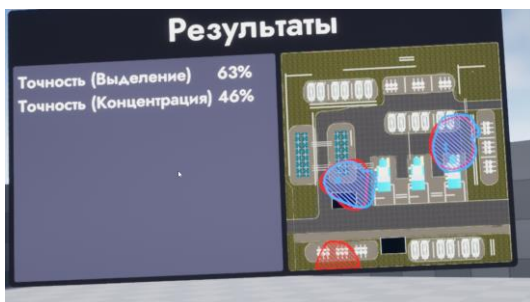
**Рис. 3. Оборудования для поиска газа**



**Рис. 4. Схема объекта**

В дизайне комплекса были использованы чертежи с предприятий, чтобы воссоздать все необходимые здания и объекты, а также предварительно обговорен порядок действий специалиста для поиска зон утечек (рис. 4).

После выполнения всех необходимых работ пользователь может ознакомиться со своими результатами и ошибками, которые он совершил в процессе тренировки (рис. 5).



а)



б)

**Рис. 5. Результаты тренировки**

Таким образом, разработан виртуальный тренажер для обучения работников газоперекачивающего предприятия, с отображением итогов тренировки и фиксацией допущенных ошибок.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках проекта «Разработка иммерсивной системы взаимодействия с виртуальной реальностью для профессиональной подготовки на основе всенаправленной платформы» (FEMU-2024-0005).

### **Список литературы**

1. Optimization of the software architecture of the virtual training system for warehouse workers training / D. Dedov et al. // AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, 2023. – V. 2910, No. 1.

*Кафедра «Системы автоматизированной поддержки принятия решений» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

*Д. В. Теселкин, М. А. Шильцын\**

## **ТЕХНОЛОГИИ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ РУК ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ В ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ВИРТУАЛЬНЫХ ТРЕНАЖЕРАХ**

Стандартными средствами погружения в виртуальную реальность является VR-шлем (рис. 1). Для взаимодействия с виртуальными объектами в данном случае предусмотрены комплектные контроллеры, которые несут в себе функцию управления посредством их позиционирования в пространстве и нажатия на кнопки на их корпусе.

Хотя контроллеры являются унифицированным средством управления для шлемов виртуальной реальности, нередко встречаются ситуации, когда для улучшения качества погружения и взаимодействия с VR необходима мелкая моторика рук.

Из готовых решений можно отметить перчатки виртуальной реальности, данный девайс позволяет считывать движения пальцев и передавать эти данные в приложение виртуальной реальности.



**Рис. 1. Встроенные камеры на VR-шлемах**

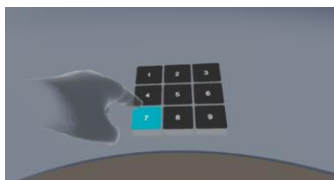
---

\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, доцента кафедры «Системы автоматизированной поддержки принятия решений» ФГБОУ ВО «ТГТУ» А. Д. Обухова.

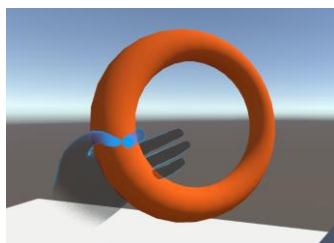
Ключевым недостатком перчаток является сам факт их отсутствия в стандартном пакете поставки VR-шлема, т.е. их необходимо приобретать отдельно.

Как альтернативу VR-перчаткам можно рассмотреть использование нейросетей компьютерного зрения для захвата движения рук. Дело в том, что подавляющее большинство современных шлемов виртуальной реальности имеет встроенные камеры (рис. 1), которые можно использовать как источник данных для нейросетей захвата движения [1]. В данном случае можно получить функционал VR-перчаток без необходимости использования дополнительного оборудования [2].

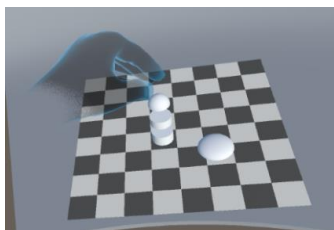
В свою очередь возможность считывать движения пальцев улучшает качество погружения и расширяет перечень возможных способов взаимодействия с виртуальным миром. Появляется возможность нажимать кнопки (рис. 2, а), брать виртуальные предметы в руку (рис. 2, б, в) и т.д.



а)



б)



в)

Рис. 2. Взаимодействие с окружением в VR



**Рис. 3. Пример жестов**

Однако, отказываясь от контроллеров, мы также лишаемся части полезных функций, привязанных к кнопкам, таких как: управление перемещением объектов на расстоянии, превышающем физические размеры комнаты, вызов меню настроек, возможность привязывать уникальные события и поведение к нажатиям и т.д. Для решения данной проблемы можно использовать системы жестового управления, функционал отсутствующих кнопок заменяется на соответствующие уникальные жесты (рис. 3).

Также используя нейросеть захвата движения рук, при необходимости возможна автоматическая смена органов управления: если комплектный контроллер включен, то используется стандартная система управления VR, если выключен, то используются камеры шлема для захвата рук.

Жестовое управление особенно актуально для систем профессиональной подготовки (тренажеров), где необходимо обеспечить свободное использование рук и пальцев. Примером такой системы может являться тренажер, построенный на базе всенаправленной платформы (используется для перемещения в пространстве) и верхнего экзоскелета (используется для создания нагрузок и отслеживания движения рук). В такой системе (рис. 4) использование трекеров, контроллеров или перчаток может быть затруднено из-за электрических помех, с другой стороны, отслеживание пальцев с использованием сторонних камер или встроенных в шлем виртуальной реальности позволит реализовать качественное взаимодействие с виртуальными объектами.

Обобщая, можно сделать вывод, что применение технологии компьютерного зрения поверх встроенных в VR-шлем камер позволяет увеличить качество погружения посредством расширения возможностей взаимодействия с VR без необходимости приобретения дополнительного оборудования, что открывает новые возможности по созданию виртуальных тренажеров для профессиональной подготовки с максимальным уровнем иммерсивности.



**Рис. 4. Профессиональный тренажер с экзоскелетом**

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках проекта «Разработка иммерсивной системы взаимодействия с виртуальной реальностью для профессиональной подготовки на основе всенаправленной платформы» (FEMU-2024-0005).

#### **Список литературы**

1. 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.
2. Шильцин, М. А. Интеграция технологий виртуальной реальности и компьютерного зрения при захвате движений рук / М. А. Шильцин, Е. О. Суркова, А. Е. Архипов // *Новые информационные технологии и системы (НИТиС-2022)*. – 2022. – С. 89 – 92.

*Кафедра «Системы автоматизированной поддержки принятия решений» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

## ОРГАНИЗАЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ВИРТУАЛЬНЫМИ ОБЪЕКТАМИ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Виртуальная реальность представляет из себя созданный техническими средствами мир, передаваемый человеку через его ощущения: зрение, слух и т.д. На текущий момент технология уже обладает широким спектром областей применения, начиная с развлечения и заканчивая медициной.

Основным способом погружения человека в виртуальную реальность является использование VR-шлемов и комплектных контроллеров (рис. 1, *а*). Однако в том случае, если в виртуальной реальности (VR-приложении) необходима более точная информация о положении тела человека, то шлема и контроллеров недостаточно, так как они дают информации только о координатах и повороте головы и кистей рук.

Для увеличения количества точек отслеживания тела человека из готовых решений можно отметить специальные трекеры (рис. 1, *б*). Они увеличивают объем информации о текущем положении пользователя VR пропорционально их количеству. К недостаткам трекеров можно отнести их размеры (использование большого количества препятствует свободному движению пользователя) и невозможность крепления к мелким конечностям (например, пальцам) [1].

Из готовых решений отслеживания движения пальцев можно отметить специальные перчатки (рис. 1, *в*). Отслеживание рук необходимо в VR-приложениях, предусматривающих взаимодействие с виртуальными объектами посредством мелкой моторики рук.



**Рис. 1. Оборудование виртуальной реальности**

---

\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, доцента кафедры «Системы автоматизированной поддержки принятия решений» ФГБОУ ВО «ТГТУ» А. Д. Обухова.





**Рис. 2. Костюм захвата движений для VR-приложений**

В случае, если необходимо получить комплексный набор данных, включающий в себя все вышеперечисленное оборудование, то можно выделить готовые костюмы захвата движения для VR-приложений (рис. 2).

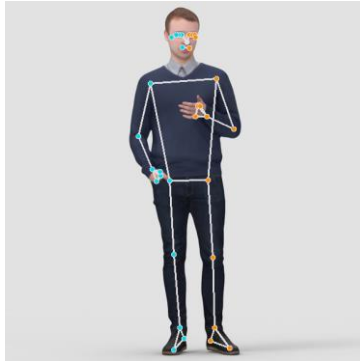
Альтернативным способом получения расширенной информации о положении тела пользователя VR является применение технологии компьютерного зрения для захвата движения человека.

Рассмотрим данный подход на примере нейросети Mediapipe (рис. 3).

Нейросеть Mediapipe обрабатывает изображение с камеры и находит ключевые точки тела человека согласно конфигурации (тело, руки, тело + руки). На выходе Mediapipe выдает массив трехмерных координат соответствующих точек (рис. 3, а).

В таком случае прямым аналогом использования трекеров будет являться использование камеры, находящейся на некотором удалении, направленной на пользователя VR, данные с которой в режиме реального времени будут обрабатываться нейросетью захвата движения и передаваться в VR-приложение.

Однако удаленная камера плохо подходит для захвата мелкой моторики вследствие недостаточной точности считывания мелких движений. В таком случае для корректного захвата движения пальцев необходимо применять другой подход. Оптимальным вариантом для захвата движения пальцев с помощью технологии компьютерного зрения является использование не внешней/удаленной камеры, а набора камер, интегрированных в сам шлем виртуальной реальности. Пример такого подхода изображен на рис. 4.

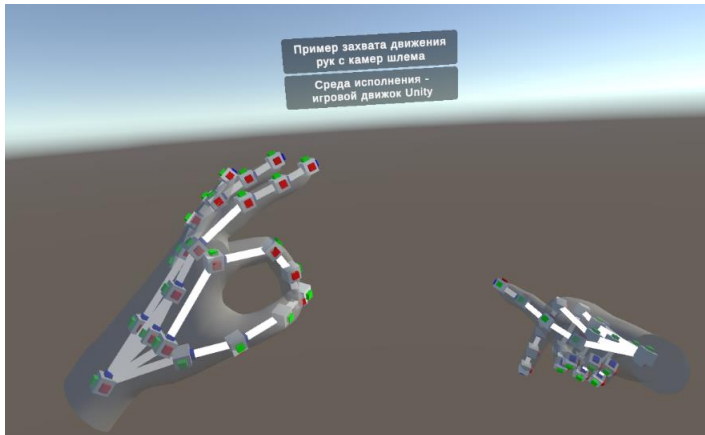


а)



б)

**Рис. 3. Пример работы нейросети Mediapipe**



**Рис. 4. Захват движений рук с камер шлема**

Весомым преимуществом использования нейросетей компьютерного зрения для захвата движения пользователя является уменьшение количества требуемого оборудования для полного захвата тела человека. В данном случае против комплекта из шлема, набора трекеров и перчаток нам достаточно только шлема виртуальной реальности и одной веб-камеры (или нескольких камер в случае необходимости увеличения точности захвата).

Данный подход позволяет значительно расширить список возможных взаимодействий с виртуальными объектами в симуляторе виртуальной реальности, так как больше нет привязки к VR-контроллерам и кнопкам на них. Появляется возможность взаимодействия всеми конечностями, включая пальцы, что, в свою очередь, значительно расширяет перечень областей применения технологии VR и качество погружения.

Использование данного подхода особенно оправдано при разработке высокоточных и профессиональных систем подготовки, например, виртуальных тренажеров для медицины, химической и машиностроительной промышленности, где большое значение имеет отслеживание мелкой моторики в ходе выполнения различного рода упражнений.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-71-10057, <https://rscf.ru/project/22-71-10057/>*

### **Список литературы**

1. 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.

*Кафедра «Системы автоматизированной поддержки принятия решений» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

*О. А. Евсеев, Н. С. Толстошеин, А. А. Гусев\**

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ РУКОВОДИТЕЛЯ БЛИЖНЕЙ ЗОНЫ АЭРОПОРТА**

Тенденции развития современных информационных технологий приводят к постоянному возрастанию сложности информационных систем (ИС), создаваемых в различных областях. Автоматизированная система управления полетами (АСУП) представляет собой организационно-технический комплекс сил и средств, предназначенный для автоматизированного получения, обработки, хранения и представления лицам дежурных смен групп руководства полетами (ГРП) и планирования всей аэронавигационной информации, необходимой для решения задач рационального использования воздушного пространства и аэродромной сети, обеспечения требуемой их пропускной способности при высоком уровне безопасности и регулярности полетов и экономичности воздушного движения. Аэродромные (узловые) АСУП предназначены для организации и управления движением одиночных и групп ЛА при взлете, полете в аэродромной зоне и в процессе захода на посадку воздушного судна (ВС) и представляют собой автоматизированный комплекс управления полетами (АКУП).

Для обеспечения требуемого уровня надежности функционирования системы предусматривается аппаратное и функциональное резервирование средств АКУП, а также возможность энергообеспечения как от внешней энергосети, так и от автономных источников электропитания.

Техническое обеспечение (ТО) АСУП представляет собой совокупность пунктов управления и ряда объектов с размещенным на них оборудованием [1]. Основным пунктом АСУП является АКДП. В качестве вспомогательных пунктов управления полетами и посадкой в состав АСУП могут входить один-два автоматизированных стартовомандных пункта (АСКП), а также вспомогательные ПУ.

Создание единой информационной инфраструктуры организации и управления полетами в зоне аэродрома должно осуществляться с использованием принципа распределенного планирования мероприятий по производству полетов по времени и по уровням управления.

---

\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора ФГБОУ ВО «ТГТУ» В. В. Алексева.

Единство нормативной базы процессов организации и управления полетами обеспечивается реализацией следующих принципов:

- единства правовой основы системы нормативных показателей функционирования СУП;
- интеграции нормативных показателей по этапам организации и уровня управления полетами;
- сквозного проектирования баз нормативной информации;
- целостности и непротиворечивости баз нормативной информации;
- согласованности баз нормативной информации с комплексами расчетных задач, задач по оценке эффективности разработанной системы управления полетами авиации, а также генерации различных вариантов структуры АСУП;
- отображения нормативной базы в модели данных инфраструктуры организации и управления полетами в зоне аэродрома.

АСУП состоит из двух основных частей: функциональной и обеспечивающей. Функциональная часть представляет собой систему элементов, которые объединяются в подсистемы, обеспечивающие деятельность крупных, относительно самостоятельных функциональных областей (ФО). Такими ФО в перспективной АСУП являются:

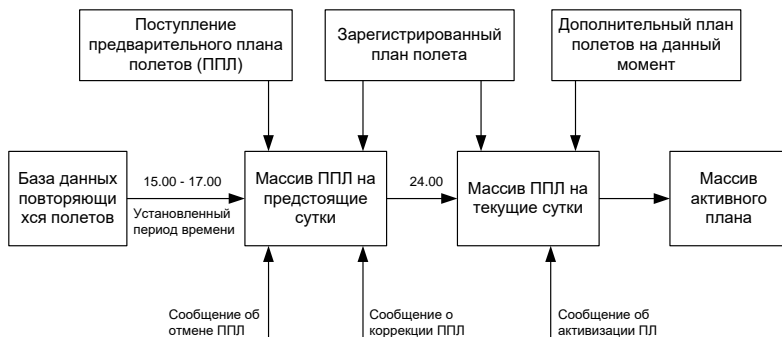
- сбор и обработка данных о воздушной обстановке, состоянии имеющихся в наличии радиотехнических средств и автоматизации;
- управление воздушным движением и обеспечение безопасности ВС в аэродромной зоне; планирование мероприятий по производству полетов;
- сбор и обработка данных о метеобстановке; передача и получение команд, сигналов, донесений и распоряжений и так далее.

Обеспечивающая часть образует основу АСУП и состоит из информационного, программного, лингвистического, математического, технического и организационного обеспечения.

В АСУП особое место занимает структурная модель информационной системы руководителя ближней зоны аэропорта.

Разработка структурной модели информационной системы руководителя ближней зоны аэропорта осуществляется в соответствии с технологией построения сложных систем.

Рассмотрим особенности процессов обработки и передачи данных активного мониторинга для математического моделирования систем структур данных. На рисунке 1 приведен пример планирования и диспетчеризации полетов ВС при входе в зону автоматизированного управления.

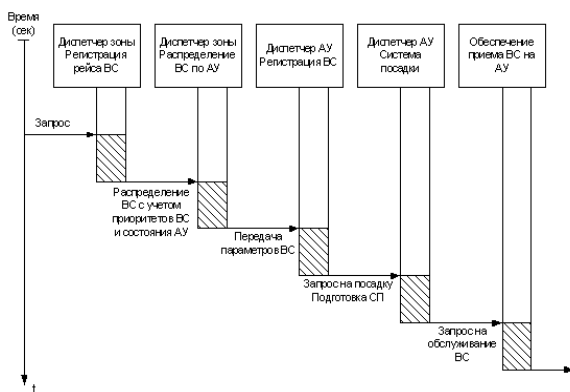


**Рис. 1. Схема поступления, прохождения и обработки данных мониторинга**

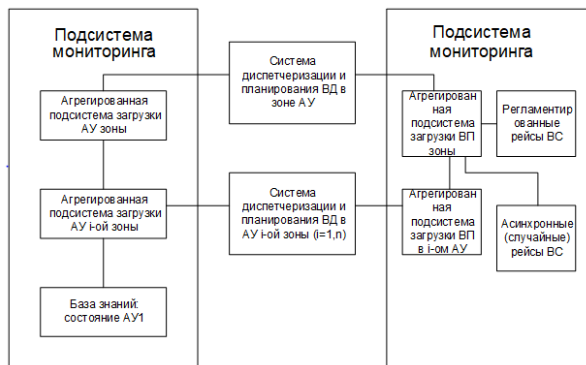
Исходя из целей анализа процессов планирования и диспетчеризации ВД, которые состоят в том, чтобы оптимизировать и скорректировать план ВД и исключить критические ситуации, можно сформулировать требования к программной среде мониторинга.

Для второго этапа формализации процессов диспетчеризации используются временные диаграммы их последовательности (рис. 2).

Обеспечение процессов планирования и диспетчеризации данными активного мониторинга может быть формально представлено в виде диаграмм классов его подсистем (рис. 3) и компонент его программной среды: компоненты программной среды активного мониторинга; структура базы данных; система поддержки принятия решений автоматизированного рабочего места руководителя ближней зоны.



**Рис. 2. Временная диаграмма последовательности планирования и диспетчеризации ВД в зоне АУ (модель динамики – UML)**



**Рис. 3. Диаграмма классов подсистем активного мониторинга в системе диспетчеризации ВД**

На основе построенных структур разработаны структурно-функциональная модель и алгоритмы для системы поддержки принятия решений руководителя ближней зоны аэропорта, диаграммы вариантов ее использования, последовательности и кооперации, диаграммы состояний, классов и размещения компонентов. Разработаны элементы демонстрационного программного обеспечения. Использование предложенной модели будет способствовать повышению функционирования автоматизированной системы управления воздушным движением.

### Список литературы

1. Коберн, А. В. Современные методы описания функциональных требований к системам / А. В. Коберн. – М. : МЭСИ, 2012. – 127 с.
2. Чермных, С. В. Моделирование и анализ систем / С. В. Чермных, И. О. Семенов, В. С. Ручкин. – М. : Финансы и статистика, 2015. – 120 с.
3. Алексеев, В. В. Проблемно-ориентированная система управления и оптимизации основных параметров технически сложных систем (научная статья) / В. В. Алексеев, Е. И. Мартыянов, С. В. Карпушкин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2021. – Т. 27, № 3. – С. 336 – 344.

*Кафедра «Информационные системы и защита информации»  
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

*А. А. Баламутова, С. В. Клишин, Ю. В. Задорожный\**

## **АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Концепция пропускной способности природо-промышленных систем (ППС) способствует пониманию реальных причин неустойчивого поведения объектов региональной экономики. Понятие пропускной способности (ПС) ассоциируется с наличием внешних или внутренних воздействий такого типа, при которых системы перестают удовлетворять заданным требованиям, теряют свою устойчивость и живучесть (для экосистем – упругую устойчивость) и не пригодны к дальнейшей нормальной эксплуатации. В информационных системах понятие ПС связано с установлением предела их пропускной способности, поскольку наличие помех в каналах связи приводит к ограничению и потере информации в сообщении [1].

В практике применения методов теории надежности для широкого класса производственных систем понятие «предельное состояние» характеризует такие условия, при которых дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

Для экосистем понятие пропускной способности отождествляется с емкостью среды обитания биологических видов и трактуется как максимальный размер популяции, который среда может стабильно поддерживать, обеспечивать пищей, укрытием, водой и другими необходимыми благами.

ПС очистных сооружений является сложной функцией конструктивных параметров аппаратов, состояния входного потока и режима эксплуатации. Поэтому реальная ПС может заметно отличаться от проектной, что указывает на необходимость оценки предельных возможностей подсистемы А–О. При этом надо различать два вида пропускных способностей: 1 – гидравлическую, определяемую потерей напора сточной воды на разных стадиях ее последовательного движения и обработки; 2 – процессную, связанную с реализацией био-физико-химических процессов очистки воды от примесей.

В отличие от типового варианта очистки стоков, в проекте модернизации подсистемы А–О рассматривается прогрессивная технология

---

\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессор кафедры «Природопользование и защита окружающей среды» ФГБОУ ВО «ТГТУ» Н. С. Попова.



MBRAS, содержащая вместо отстойника мембранный фильтр с насосом для возврата порций ила в аэротенк. Технология MBRAS позволяет обеспечить высокое качество очистки стоков и защиту водоема-приемника от процессов эвтрофикации.

Алгоритм расчета ПС с использованием модели представленной в работе [2] показан на рис. 1. Его работа предполагает многократное сканирование пространства входных нагрузок  $V$ , образуемого переменными множества  $X$  изменяемыми в заданных диапазонах значений и нахождении среди них сочетаний, при которых достигается минимум функции (1).

$$Q(\mathbf{v}_{\text{вх}}) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^M \left( \frac{y_{i \text{ норм}}^j - y_{i \text{ вых}}^j(\mathbf{v}_{\text{вх}})}{y_{i \text{ норм}}^j} \right)^2, \quad (1)$$

где под знаком сумм находится квадрат относительных отклонений расчетных значений выходных переменных от максимально допустимых,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, M}$ . Смысл использования функции (1) состоит в необходимости приближения ПС подсистемы А–О к верхней нормативной границе множества  $Y$  при соответствующем выборе значений нагрузки  $\mathbf{v}_{\text{вх}}$ . Индекс  $j = \overline{1, M}$  обозначает номера вариантов  $\mathbf{v}_{\text{вх}}$ ,  $M$  – достаточно большое число, уточняемое в процессе решения задачи.

Сканирование 9-мерного ограниченного пространства  $V$  производилось с помощью генератора ЛПт-последовательностей Соболя [3], наилучших в настоящее время равномерно распределенных последовательностей точек в многомерном пространстве.

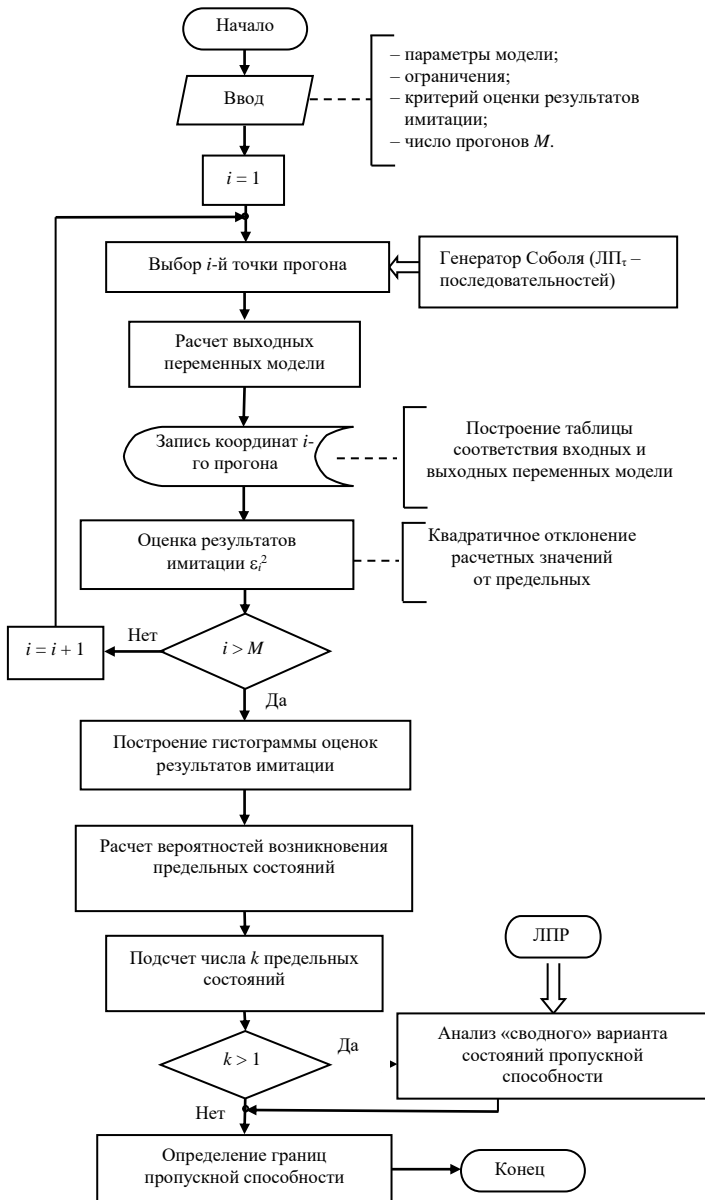
Необходимость в когнитивном интерфейсе объясняется тем обстоятельством, что калькулятор является многопользовательским инструментом расчетов для биологов, технологов и проектантов, вследствие чего, требующим учета их ментальности. Ниже приведены фрагменты расчетов ПС для одной из 3-х модернизируемых очередей городской станции очистки стоков г. Тамбова. Расчеты производились при изменениях входных переменных в диапазонах значений:

$$S_{Si} = 325 \dots 800 \text{ мг/л}; S_{NH_i} = 25 \dots 70 \text{ мг/л}; S_{ND_i} = 3 \dots 10 \text{ мг/л};$$

$$X_{ND_i} = 3 \dots 15 \text{ мг/л}; S_{CO_i} = 150 \dots 350 \text{ мг/л}; X_{Si} = 20 \dots 50 \text{ мг/л};$$

$$X_I = 35 \dots 50 \text{ мг/л};$$

а режимные переменные изменялись в диапазонах значений  $HRT = 0,04 \dots 0,8$  сут. и  $SRT = 2 \dots 40$  сут. При этом изменение расхода сточной воды  $G$  контролировалось значениями  $HRT = V/G$ , где  $V = 3168 \text{ м}^3$  соответствует проекту модернизации подсистемы А–О.



**Рис. 1. Алгоритм расчета предельных состояний подсистемы аэротенк-отстойник**

В результате сканирования 9-мерного пространства входных переменных необходимо найти координаты точек, для которых функция (1) принимает наименьшие значения отклонений расчетных величин от нормативных:  $S_S = 3$  мг/л;  $X_S = 70$  мг/л;  $S_{NH} = 3$  мг/л;  $S_{NO} = 21$  мг/л.

В таблице 1 представлен пример первых десяти значений ЛПт-последовательностей входных переменных, а в табл. 2 – соответствующие им значения выходных переменных. Перевод квазислучайных чисел  $q_i \in [0, 1]$  в нужный формат значений входных переменных производился по формуле

$$x_i^j = x_{i_{\min}}^j + (x_{i_{\max}}^j - x_{i_{\min}}^j)q_i, \quad (2)$$

где  $q_i$  –  $i$ -я квазислучайная точка, а  $x_{i_{\min}}^j$ ,  $x_{i_{\max}}^j$  – соответственно минимальное и максимальное значения  $j$ -й входной переменной в  $i$ -м прогоне.

В таблице 3 приведены значения функции (1) для каждой выходной переменной, а в правой колонке содержатся значения суммы квадратов отклонений для всех четырех переменных. На рисунке 2 изображена гистограмма результатов расчета функции (1) при числе прогонов  $M = 200$ . Из нее следует, что 14 различных сочетаний входных переменных образуют искомое подмножество  $X'$  (3), характеризующее пропускную способность подсистемы А–О. Выбор «критических» значений входных переменных из  $X'$  осуществляет лицо, принимающее решение.

**Таблица 1**

$SRT$	$HRT$	$S_S$	$S_{NH}$	$S_{ND}$	$X_{ND}$	$S_{CO}$	$X_{Sj}$	$X_j$
2,00	0,14	325,00	25,00	3,00	2,00	150,00	20,00	35,00
21,00	0,42	562,50	47,50	6,50	8,50	250,00	35,00	42,50
30,50	0,23	443,75	36,25	8,25	11,75	200,00	42,50	46,25
11,50	0,61	681,25	58,57	4,75	5,25	300,00	27,50	38,75
16,25	0,33	621,88	64,38	5,63	3,63	225,00	46,25	48,13
32,25	0,71	384,38	41,88	9,13	10,13	325,00	31,25	40,63
25,75	0,14	740,63	53,13	7,38	13,38	175,00	23,75	36,88
6,75	0,52	503,13	30,63	3,88	6,88	275,00	38,75	44,38
9,13	0,28	770,31	44,69	6,94	6,06	237,50	48,13	49,06
28,1	0,66	532,81	67,19	3,44	12,56	337,50	33,13	41,56

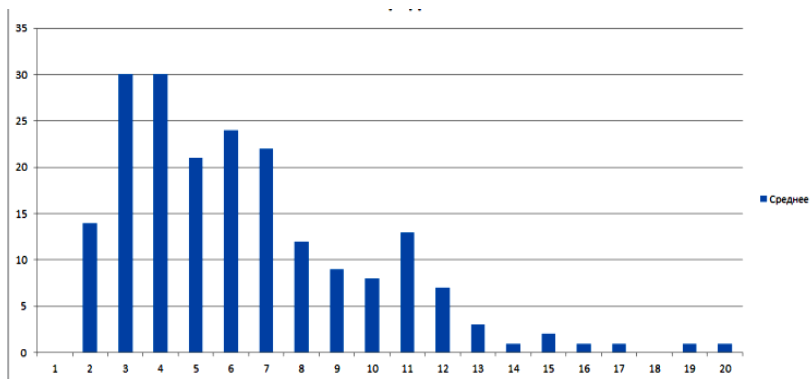
Таблица 2

$S_S$	$X_S$	$S_{NH}$	$S_{NO}$
4,59	55,16	5,67	15,36
2,50	23,52	0,40	52,31
2,44	36,87	0,36	49,07
2,67	16,88	0,50	53,07
2,56	32,40	0,43	60,89
2,42	10,45	0,35	55,25
2,47	96,57	0,38	61,90
2,94	12,86	0,70	26,33
2,77	40,06	0,57	37,79
2,45	14,86	0,37	74,49

Таблица 3

$S_S$	$X_S$	$S_{NH}$	$S_{NO}$	$\sum \varepsilon_i^2$
0,2809	0,0449	0,7921	0,0721	0,30
0,0277	0,4408	0,7511	2,2229	0,86
0,0348	0,2239	0,7744	1,7866	0,70
0,0121	0,5758	0,6944	2,3321	0,90
0,0215	0,2885	0,7338	3,6081	1,16
0,0373	0,7237	0,7802	2,6600	1,05
0,0312	0,1440	0,7627	3,7932	1,18
0,0004	0,6663	0,5877	0,0644	0,33
0,0058	0,1829	0,6561	0,6392	0,37
0,0336	0,6204	0,7685	6,4879	1,98

Полезь калькулятора при проектировании очистных сооружений очевидна: 1 – гибкость системы расчетов; 2 – быстродействие; 3 – углубленный анализ механизмов биологической очистки сточных вод.



**Рис. 2. Гистограмма результатов расчета функции (5)**

**Заключение.** Определение пропускной способности ППС необходимо проводить на этапах проектирования и модернизации их промышленных и экологических подсистем в целях обеспечения эффективного контроля за устойчивостью социально-экономических процессов в регионах России.

Концепция пропускной способности в проблеме устойчивого развития является многомерной. На примере ОСК показано, что такая концепция является двойственной – гидравлической и процессной (био-физико-химической).

Классы задач о пропускной способности относятся к категории обратных, решение которых возможно прямыми методами, основанными на оптимизации некоторого целевого функционала.

### Список литературы

1. Шеннон, К. Э. Работы по теории информации и кибернетике / К. Э. Шеннон, М. ИЛ., 1963. – 830 с.
2. О некоторых особенностях в постановке и решении региональных задач устойчивого развития / Н. С. Попов, О. В. Милованова, А. А. Баламутова, Л. Н. Чуксина // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2022. – № 2(84), Ч. V . – С. 41 – 55. DOI: 10.17277/voprosy.2022.02.pp.041-055
3. Соболев, И. М. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями / И. М. Соболев, Р. Б. Статников. – М. : Наука, 1981. – 110 с.

*Кафедра «Природопользование и защита окружающей среды»  
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

*Д. В. Куреев\**

## **АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ ТЕРМОГРАММ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ**

Мониторинг технического состояния различных сооружений является важной составляющей его успешной эксплуатации. Своевременное проведение обследования на предмет наличия дефектов необходимо для обеспечения безопасности, надежности и долговечности конструкций. Этот процесс позволяет выявить и устранить проблемы, которые могут привести к авариям, разрушениям или дополнительным затратам на ремонт и обслуживание.

На текущий момент широкое применение при обследовании объектов заняли методы неразрушающего контроля, которые позволяют оценить качество материалов и конструкций без их разрушения.

Эффективным методом неразрушающего контроля является тепловой контроль. Этот метод основан на измерении температуры поверхности объекта для обнаружения дефектов. Он позволяет обнаружить перегревы, трещины, утечки [1]. Устройством проведения теплового контроля является тепловизор. Современные тепловизоры позволяют осуществлять съемку как в видимом, так и в инфракрасном диапазоне (термограмма).

Стоит отметить, какого-либо универсального формата термограмм на текущий момент нет. Каждый производитель тепловизоров создает для собственных форматов, поэтому, вполне вероятно, может возникнуть необходимость в обработке термограммы, например, в формате растрового изображения. Следовательно, должна иметься возможность обрабатывать термограммы, используя только растровое изображение и информацию о максимальной и минимальной температуре на термограмме. Наиболее часто для растровых изображений термограмм используется палитра градаций серого, однако широко распространено использование других цветных палитр. В данном случае будем использовать линейную цветовую палитру. Минимальной температуре будет соответствовать черный цвет, максимальной – желтый. Подобную палитру также называют палитрой каления [2].

---

\* Работа выполнена под руководством кандидата технических наук, доцента ФГБОУ ВО «ТГТУ» Ю. В. Минина.

Для обработки термограмм необходимо реализовать следующие возможности:

- построение матрицы температур;
- выделение температурных аномалий на термограмме.

Важной составляющей обработки термограмм является построение матрицы температур. Матрица температур представляет собой матрицу  $T [N \times M]$ , в которой  $N$  – высота термограммы в пикселах,  $M$  – ширина термограммы в пикселах, и каждый элемент матрицы  $t_p$  является температурой отдельного пиксела на исходной термограмме. Элемент  $t_p$  рассчитывается в соответствии со следующей формулой

$$t_p = t_{\min} + \frac{C_{gr}}{510} (t_{\max} - t_{\min}),$$

где  $t_{\min}$  – минимальная температура по термограмме;  $t_{\max}$  – максимальная температура по термограмме;  $C_{gr}$  – сумма зеленой и красной составляющих растрового изображения.

Использование константы со значением 510 обусловлено выбором цветовой палитры, в данном случае она является суммой красной и зеленой составляющих растрового изображения термограммы. Например, для палитры градаций серого данная константа будет иметь значение 255.

Температурная матрица позволяет идентифицировать температуру каждого пиксела на термограмме. Также температурная матрица используется для выделения температурной аномалии. Для выделения температурной аномалии используется подход расчета температуры порога по формуле

$$t_{th} = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{255} C + t_{\min},$$

где  $C$  – коэффициент температуры порога [3].

Коэффициент температуры порога рассчитывается по формуле

$$C = \frac{255 \cdot (t_{cp} - t_{\min})}{t_{\max} - t_{\min}}.$$

По рассчитанному пороговому значению температуры строится новая температурная матрица, которая в данном случае будет представлять собой разреженную матрицу  $T_a [N \times M]$ . Заполненные элементы матрицы  $T_a$  будут соответствовать области температурной аномалии. Классификация каждого элемента на предмет того, входит ли он в температурную аномалию или нет, осуществляется по следующему условию.

Если  $t_{th} < t_p$ , то элемент  $t_p$  входит в зону температурной аномалии, иначе  $t_p$  не входит в зону температурной аномалии.

Зная температуру каждого пиксела аномального участка, можно построить новую термограмму, на которой будет выделена аномальная область. Расчет цвета пиксела по температуре для палитры каления осуществляется в несколько шагов.

На первом шаге данного этапа осуществляется расчет суммы красной и зеленой составляющих растрового изображения термограммы по следующей формуле

$$C_{gr} = 510 \cdot (t_c - t_{min})(t_{max} - t_{min}),$$

где  $t_c$  – температура текущего пиксела.

На втором шаге проверяется составляющая по следующим условиям.

Если  $C_{gr} > 255$ , то  $C_r = 255$ ,  $C_g = C_{gr} - C_r$ , иначе  $C_r = C_{gr}$ ,  $C_g = 0$ .

Предложенный алгоритм расчета цвета пиксела по температуре можно представить с диаграммой деятельности (рис. 1).

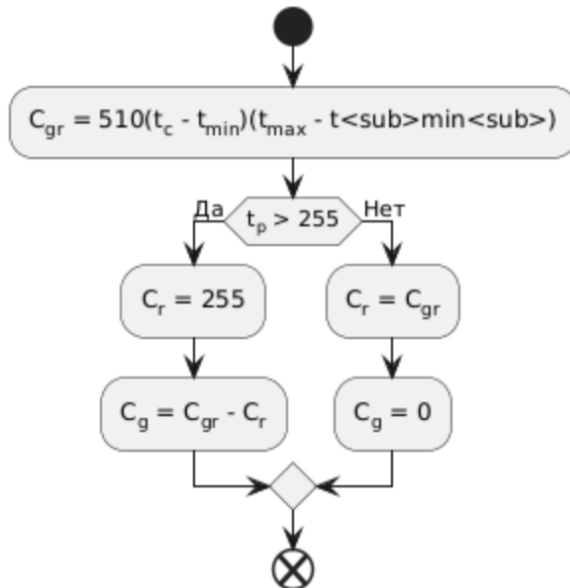


Рис. 1. Диаграмма деятельности расчета цвета пиксела по температуре



Таким образом, при обработке каждого элемента матрицы  $T_a$  получаем новую термограмму, на которой выделяется аномальная зона.

На основе описанных выше способов обработки термограмм был разработан программный модуль на языке программирования *Python 3.10* с использованием библиотеки работы с изображениями *OpenCV*, для построения пользовательского интерфейса использовалась библиотека *PySide 6*.

В качестве примера рассмотрим термограмму работающего теплового вентилятора. На оригинальной термограмме можно отчетливо наблюдать как горячие области, так и холодные. Минимальная зафиксированная температура на термограмме равна  $25,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , максимальная –  $96,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (рис. 2).

С использованием разработанного алгоритма произведем обработку инфракрасного снимка. На выходе получаем изображение, на котором выделена область высоких температур. В данном случае областями высоких температур являются нагревательный элемент теплового вентилятора и нагретая напротив стена (рис. 3).

Для дальнейшей интерпретации результатов термограммы требуется совмещение термограммы со снимком в видимом диапазоне, распознавание объекта интереса на этом снимке. А затем, путем наложения обработанной термограммы на инфракрасный снимок идентифицировать проблемную зону.

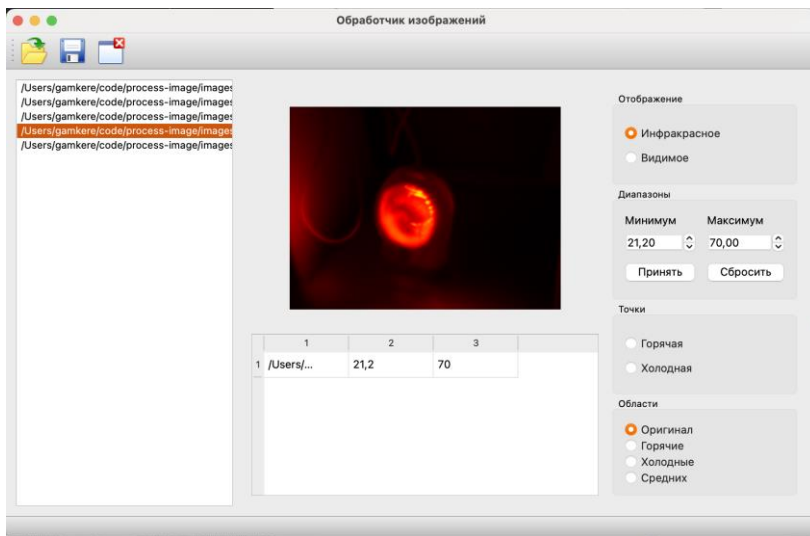
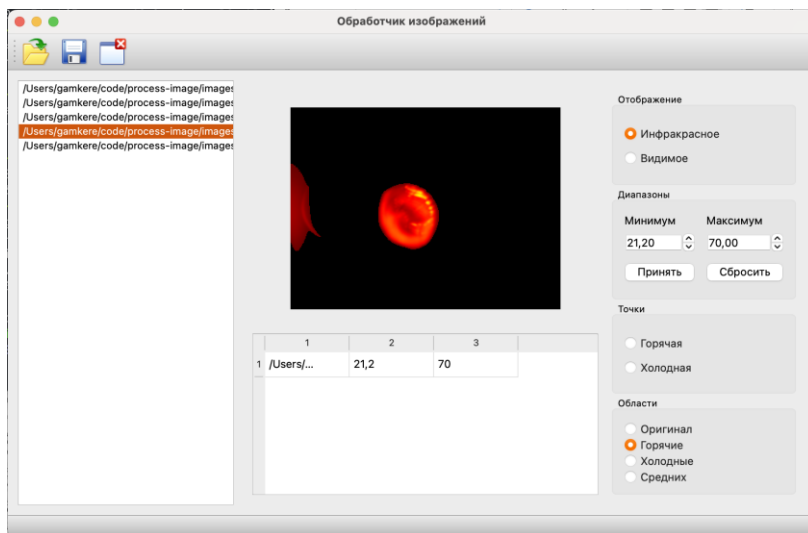


Рис. 2. Оригинальная термограмма



**Рис. 3. Обработанная термограмма**

### **Список литературы**

1. Вавилов, В. П. Инфракрасная термография и тепловой контроль / В. П. Вавилов. – М. : ИД Спектр, 2009. – 544 с.
2. Вавилов, В. П. Инфракрасная термографическая диагностика в строительстве и энергетике / В. П. Вавилов, А. Н. Александров. – М. : Энергопрогресс, 2003. – 76 с.
3. Мамедова, Р. А. Особенности обработки тепловизионных изображений для диагностики заболеваний конечностей КРС / Р. А. Мамедова // Техника и технологии в животноводстве. – 2021. – № 4(44). – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-obrabotki-teplovizionnyh-izobrazheniy-dlya-diagnostiki-zabolevaniy-konechnostey-krp>

*Кафедра «Информационные системы и защита информации»  
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

УДК 004:629.039.58

*А. Д. Анисимов, Р. М. Башкиров, Н. С. Толстошеин\**

### **РОЛЬ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫХ СРЕДСТВ В ПРЕДОТВРАЩЕНИИ ТЕХНОГЕННЫХ ИНЦИДЕНТОВ**

Техногенные инциденты представляют собой одну из наиболее серьезных угроз для современного общества, особенно в условиях урбанизации и быстрого роста промышленности [1, 2]. С каждым годом возрастает потребность в новых подходах к их предотвращению. Анализ статистических данных аварий, наблюдавшихся на территории России, произошедших на различных объектах в последние десять лет, показал, что 60% из них случились из-за ошибок персонала [3, 4]. В этом контексте учебно-тренировочные средства (УТС) становятся ключевым инструментом для обеспечения техногенной безопасности [5] потому, что в современных организационно-технических системах (ОТС) еще высок уровень «человеческого фактора» и их применение обеспечивает снижение количества ошибок человека как структурного элемента деятельности (СЭД) в таких системах.

В условиях риска техногенных инцидентов одним из важных факторов подготовленности СЭД является также быстрота принятия правильного решения в чрезвычайных ситуациях. В условиях опасного производства зачастую отсутствует возможность на практике приобрести полезный опыт действий в нештатных и аварийных ситуациях без риска для жизни. Для совершенствования профессиональных навыков в таких случаях возможно осуществлять моделирование нештатных ситуаций с применением УТС.

В настоящее время УТС представляет собой виртуальную модель промышленного объекта или процесса, которую возможно своевременно обновлять на основе данных, поступающих с объектов. УТС

---

\* Работа выполнена под руководством профессора ФГБОУ ВО «ТГТУ» В. В. Алексеева.

позволяют моделировать развитие техногенных катастроф, что помогает руководству предприятия разрабатывать планы реагирования и тестировать их без угрозы для реального производства. Как правило, УТС представляет собой автоматизированное рабочее место и состоит из: персонального компьютера, манипуляторов средств ввода и вывода информации, а также базы данных о возможных нештатных ситуациях и учебно-тренировочных задач (УТЗ), специализированного программного обеспечения, которое управляет реакцией системы на действия оператора (СЭД).

Известно [6], что подготовка СЭД в условиях реального производства сопровождается нанесением ущерба как самому производству, так и здоровью специалистов, например, обучаемый ошибается в порядке выполнения шагов эксплуатации приборами, из-за чего возникают проблемы с их дальнейшей эксплуатацией. Данное противоречие решается с использованием УТС, предотвращая неминуемый ремонт дорогостоящей техники. Также УТС позволяют повысить качество и скорость подготовки специалистов.

Для обеспечения требуемого уровня профессиональной подготовленности СЭД необходимо выделить оборудование, используемое, в промышленном объекте для реализации технологических процессов. При наличии ограниченного количества образцов оборудования, подготовка нескольких СЭД займет значительное количество времени. Это ведет к снижению качества полученных профессионально-важных компетенций СЭД и большим временным и материальным затратам.

На сегодняшний день сложилась сформированная последовательность этапов повышения уровня подготовки СЭД, в том числе и к действиям в нештатных ситуациях. После проведения теоретических занятий СЭД необходимо на практике закрепить полученные знания. Но, если теория будет доводиться отдельно от практических занятий, полноценного прогресса в освоении оборудования и действий в аварийных ситуациях не возникнет. Для этого структура УТС адаптируется к уровню подготовки СЭД, настраивая различные режимы освоения, в которых будет доводиться порядок работы с оборудованием и контролироваться итоговый результат подготовки СЭД [2].

Большинство существующих и создаваемых сегодня УТС позволяет [7]:

- осваивать несколько операций с использованием универсальных моделей оборудования;

- воспроизводить все известные или гипотетические нештатные ситуации, в которых может оказаться СЭД в реальной практике.

При создании УТС используется модульный подход, который выражается в построении следующих моделей:

- процесса усвоения информации специалистом;
- реального объекта (например, объекта промышленности);
- окружающей среды.

В итоге УТС представляет собой модульную систему, которая реализует большое количество параллельных процессов. Модули разрабатываются и отлаживаются максимально независимо. Данный подход к построению УТС на основе принципа модульности позволяет обеспечить решение следующих задач [8]:

- одноразовая разработка и многократное использование компонентов УТС для подготовки специалистов;
- легкость модернизации УТС;
- коллективное использование УТС;
- сокращение сроков построения УТС;
- сбережение ресурсов и сокращение стоимости построения УТС.

УТС предоставляет возможность выбирать различные условия работы с оборудованием, характеристики окружающей среды, вести контроль действий обучаемого специалиста и фиксацию допустимых ошибок [9].

В частности, для повышения качества освоения оборудования специалистом в УТС возможно смоделировать ситуации нарушения работы промышленного объекта. В подобном сценарии СЭД, например, может лично увидеть признаки неисправности оборудования, визуально запомнить порядок действий при нештатных ситуациях и необходимые действия для устранения неисправностей оборудования.

Количество моделируемых нештатных ситуаций возможно увеличить путем опроса подготовленных специалистов (экспертов).

После прохождения курса освоения оборудования и действий при нештатных ситуациях с использованием УТС СЭД будет иметь представление о необходимых операциях и решениях для предотвращения неисправностей и аварий. Подготовленный СЭД, при непосредственной работе на производстве, будет иметь виртуальный опыт нахождения в нештатной ситуации.

Следует отметить, что целесообразно использовать УТС не только на производстве, но и в учебных заведениях, в частности, при подготовке специалистов в самых разных областях промышленности, как для получения навыков управления и обслуживания оборудования, так и для проведения научных исследований с использованием УТС.

Таким образом, использование УТС позволяет выработать устойчивые навыки работы в ситуациях, которые трудозатратно или невозможно воспроизвести в ходе традиционной подготовки. Внедрение УТС для подготовки СЭД ведет к снижению рисков техногенных катастроф, позволяя своевременно выявлять потенциальные угрозы и принимать меры для их предотвращения.

### Список литературы

1. Техногенная опасность, источники и факторы. Ташкент, Республика Узбекистан. Ташкентский государственный педагогический университет. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnogennaya-opasnost-istochniki-i-faktory> (дата обращения: 25.09.2024).

2. Применение тренажеров и тренажерных комплексов для улучшения подготовки операторов сложных технических систем / В. В. Алексеев, Ю. А. Власов, А. П. Илясов, С. Н. Минаков // Информатика: проблемы, методы, технологии : материалы XXI Междунар. науч.-метод. конф. – Воронеж, 2021. – С. 1086 – 1091.

3. Юрков, Н. К. Интеллектуальные компьютерные обучающие системы / Н. К. Юрков. – Пенза : Изд-во ПГУ. – 2010. – 304 с.

4. Робототехнические комплексы военного и специального назначения : монография / В. В. Алексеев, О. С. Батулин, Ф. М. Бельченко и др. // Балашиха: Военная академия РВСН им. Петра Великого. – 2020. – 352 с.

5. Зеленковская, Н. В. Возможности обучения с использованием виртуальных учебных имитаций (симуляторов) / Н. В. Зеленковская, Н. С. Филимонов // Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы : сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. (Брест, 21 апреля 2017 г.). Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, 2017. – С. 114 – 116.

6. Информационная технология построения мультимедийных учебно-тренировочных средств для подготовки операторов систем специального назначения / А. С. Аксенов, В. В. Алексеев, В. В. Вагин и др. // Надежность и качество : тр. междунар. симпозиума. – 2020. – Т. 1. – С. 216 – 219.

7. Применение нейросетевых технологий при построении учебно-тренировочных средств подготовки операторов систем специального назначения / В. В. Алексеев, С. Б. Краюхин, В. В. Вагин, Д. А. Кастерин // Нейрокомпьютеры и их применение : тез. докл. XVIII Всерос. науч. конф., Москва, 2020. – М. : МГППУ, 2020. – С. 52 – 54.

8. Учебно-тренировочное средство как способ применения цифровых технологий в образовании / В. В. Алексеев, П. А. Орлов, Р. В. Полозов и др. // Современная математика и ее приложения : сб. материалов II Междунар. науч.-практ. конф., Грозный, 24 октября 2021 г. – Чеченский государственный педагогический университет, 2021. – С. 419 – 424.

9. Алексеев, В. В. Опыт применения современных технологий при построении моделей элементов учебно-тренировочных средств / В. В. Алексеев, С. К. Толмачев, Г. М. Гарнов // Нано-био-технологии. Теплоэнергетика. Математическое моделирование : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. – Липецк, 2023. – С. 252 – 258.

*Кафедра «Информационные системы и защита информации»  
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

## **БЕСПРОВОДНАЯ ЗАРЯДКА ДЛЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА**

Сейчас для зарядки электротранспорта используются отдельные парковочные места, которые невозможно расположить на больших стоянках у торговых центров из-за огромных размеров зарядных станций, которые находятся на поверхности и занимают много парковочного места.

Все чаще на дорогах общего пользования появляется электрический вид транспорта. Инфраструктура зарядных станций не сильно развита в регионах и в том виде, в котором она есть, не является оптимальной в качестве использования для зарядки электротранспорта. Актуальным стало создание макета парковочного места с беспроводной зарядкой для электротранспорта.

Аналогами беспроводной зарядки для электротранспорта являются уже существующие проводные зарядки и беспроводные устройства подзарядки телефона. Проводная зарядка для электротранспорта имеет несколько минусов: механический износ; количество зарядных станций меньше, чем парковочных мест; разные марки машин имеют свое отличное от других зарядных устройств.

Самым популярным и доступным является зарядка от домашней розетки. Зарядка электромобиля от розетки 220 В осуществляется при помощи подключения зарядного устройства, которое подсоединяется к сети электропитания посредством обычной вилки (прилагается в комплекте с автомобилем). Этого достаточно для зарядки электрокара за 10...12 ч. Однако описанный метод является одним из самых медленных и неэффективных.

Беспроводная зарядка по принципу работы схожа с простейшим трансформатором и представляет собой индукционную катушку-передатчик на плате, помещенную в пластиковый корпус. Вторая такая катушка-приемник находится внутри устройства. Эффективность наполнения аккумулятора при таком способе заметно сокращается, так как количество энергии, теряемое в окружающее пространство, составляет 35...38%. Кроме того, устройство обеспечивает заряд за больший промежуток времени по сравнению с классической методикой.

---

\* Работа выполнена под руководством кандидата технических наук, доцента ФГБОУ ВО «ТГТУ» Н. М. Гребенниковой.



Основная идея беспроводного устройства заряда электротранспорта заключается в размещении в нижней части транспортного средства приемника, который получает энергию от индукционных катушек, расположенных под дорожным покрытием парковочного места на определенном расстоянии друг от друга (рис. 1).

На основе схемы и данных о компонентах различных зарядных устройств составлен перечень элементов для создания беспроводного устройства заряда электрокара, продемонстрированный на втором рисунке [1]. В список вошли: катушка-передатчик и катушка-приемник; плата заряд/разряд; блок питания 5 В 1 А; аккумулятор 18650; дисплей POWERBANK; батарейный отсек.

Саму сборку можно разделить на несколько этапов работы.

На первом этапе детально ознакомились со схемой и компонентами беспроводного устройства заряда для электротранспорта во избежание проблем с созданием и работой прибора.

На втором этапе нужно было проверить, какое количество напряжения теряется во время перехода от катушки-передатчика к катушке-приемнику. В ходе проверки выявлено, что потери были незначительными, примерно равными 0,2 В (4%). Это позволило работать дальше.

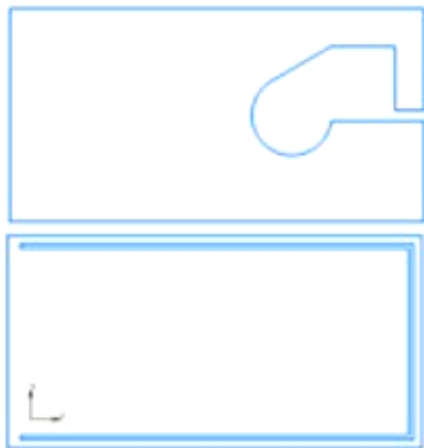
Третьим этапом создания беспроводной зарядки для электротранспорта стала сборка цепи до катушки-передатчика. Данный участок состоит из блока питания и индукционной катушки, что облегчает сборку устройства.

Четвертым этапом стала сборка цепи после катушки-передатчика. Данная часть устройства состоит из аккумулятора 18650, индукционной катушки и дисплея POWERBANK.

Пятым этапом стала работа над внешним видом беспроводной зарядки для электротранспорта. Внешний вид устройства состоит из двух частей [2]. Первая часть представляет собой электромобиль со встроенной в него катушкой-приемником, вторая часть выглядит как парковочное место для автомобилей со встроенной в него катушкой-передатчиком.



Рис. 1. Схема беспроводной зарядки для электротранспорта



**Рис. 2. Эскиз парковочного места**

Для выполнения первой части была найдена машинка на пульте управления, с которой был снят корпус и вся электроника. Для выполнения второй части был спроектирован эскиз парковочного места в программе КОМПАС-3D (рис. 2).

Убедившись в работе устройства, выявили, что каждая машина имеет свой индивидуальный клиренс, который может не подойти для работы катушек. Чтобы это исправить возник вопрос о дальнейшей доработке проекта. Основная идея модернизации беспроводного устройства заряда электротранспорта заключается в размещении подъемного механизма индукционной катушки, расположенной под дорожным покрытием парковочного места. Была предложена электрическая схема на основе Arduino Uno, которая считывая высоту, приводила привод в действие и возвращала его в исходное положение (рис. 3).

На основе предложенной схемы и данных о компонентах различных соединений составлен перечень элементов для создания механизма поднятия [2]. В список вошли: Arduino Uno; ультразвуковой дальномер HC SR04; сервопривод; провода для Arduino Uno.

Собрав электрическую схему и записав скетч на Arduino Uno, выявили, что датчик выводит показатели расстояния в сантиметрах. Сервопривод начинает работу (поворачиваться) и поднимает катушку-передатчик к катушке-приемнику при достижении необходимой высоты на дальномере. В случае, если показатель высоты становится больше требуемого значения, сервопривод возвращает в исходное положение зарядную часть устройства.

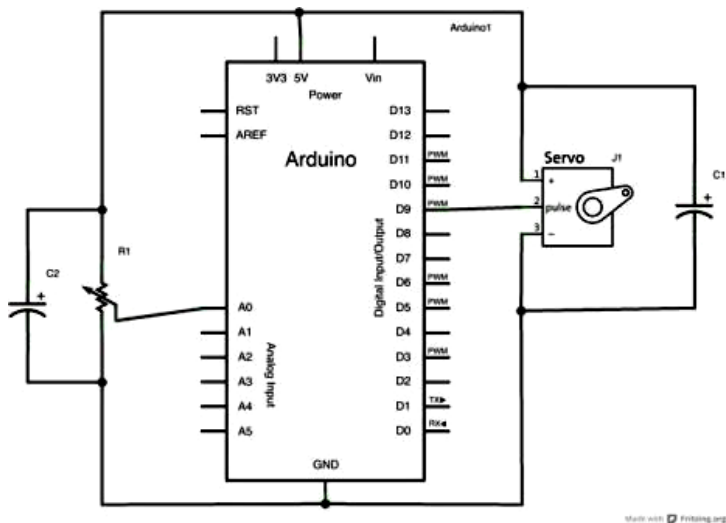


Рис. 3. Электрическая схема подъемного механизма

Убедившись в работоспособности всей цепи, решили начать разрабатывать систему поднятия индукционной катушки. Данный механизм работает по принципу «качели». Сервопривод поворачивает поперечную деталь, которая в свою очередь поднимает и опускает катушку. В программе КОМПАС-3D сделаны и распечатаны компоненты для создания системы, которые склеены для продолжения работы [3]. Все детали подошли друг к другу и имели необходимую подвижность, что позволило осуществить конечную сборку устройства (рис. 4).

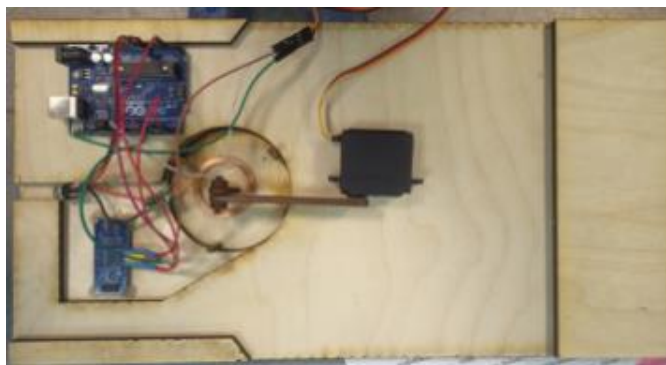


Рис. 4. Конечная сборка

В ходе анализа полученного устройства были выявлены достоинства и недостатки.

Зарядное устройство универсальное, подходит ко всем маркам электротранспорта, так как не имеет специфического разъема; беспроводное зарядное устройство подвергается механическому износу меньше, чем проводная зарядка.

Зарядка электротранспорта беспроводным устройством будет занимать больше времени, чем проводной зарядкой.

### Список литературы

1. Основы робототехники / Н. В. Василенко, К. Д. Никитин, В. П. Пономарев, А. Ю. Смолин. – Томск : МГП «РАСКО», 1993. – 470 с.
2. Хоровиц, П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл ; пер. с англ. – 2-е изд. – М. : Изд-во БИНОМ, 2014 – 704 с.
3. Юревич, Е. И. Основы робототехники / Е. И. Юревич. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.

*Кафедра «Мехатроника и технологические измерения»  
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

*Е. Д. Колосов, А. С. Ткачев, А. О. Леухин, А. В. Кауров\**

## **ВЛИЯНИЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА НА ЗАЩИТУ ИНФОРМАЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ**

В современном мире становится все больше различных систем, сильно влияющих на жизнь людей. В данном случае под системой может пониматься как предприятие в целом, так и какое-либо программное обеспечение. Системы выполняют различные задачи и, как правило, могут быть очень сложными и состоять из множества других подсистем. Отсюда можно сделать вывод, что система – это совокупность взаимосвязанных компонентов (подсистемы, отношения между компонентами), взаимодействующих между собой для выполнения поставленных задач.

Системы могут быть как обычными, так и критически важными. К таким системам можно отнести:

- банковские системы;
- системы телекоммуникации;
- системы управления воздушным и наземным транспортом;
- системы обработки и хранения секретной и конфиденциальной информации.

На самом деле подобных критически важных систем гораздо больше. Объединяет их то, что «для нормального и безопасного функционирования этих систем необходимо поддерживать их безопасность и целостность» [1].

Защита информации в таких системах является одной из важнейших задач.

Перед тем, как приступить к обеспечению защиты информации в системе, предлагается использовать такой инструмент, как системный анализ. Под системным анализом понимается совокупность методологических средств, используемых для подготовки и обоснования решений проблем, связанных с функционированием сложных систем.

---

\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора ФГБОУ ВО «ТГТУ» В. В. Алексева.

Цель системного анализа состоит в том, чтобы выявить первопричину нежелательных событий, возникающих во время работы системы. Кроме того, необходимо будет разрабатывать ряд мероприятий, которые либо уменьшают вероятность появления этих событий, либо полностью исправляют возникшую проблему.

Системный анализ можно применять в двух случаях:

1. На этапе проектирования системы;
2. В функционирующей системе.

В первом случае анализ выполняется до наступления нежелательных событий, т.е. происходит прогнозирование возможных проблем. Такой анализ называется априорным.

Во втором случае анализ выполняется, как правило, после наступления нежелательных событий и называется апостериорным. Одной из целей данного анализа является разработка рекомендаций по избеганию подобных проблем в будущем.

В обоих случаях системный анализ включает ряд основных шагов по устранению проблемы:

1. Определение проблемы. Это включает в себя определение масштаба проблемы и выявление проблемных областей. Очень важно собрать всю необходимую информацию о данной проблеме для ее полного понимания;

2. Анализ проблемы. Данный шаг подразумевает анализ всех данных для выявления первопричины проблемы;

3. Разработка потенциального решения. На данном этапе происходит разработка и разбор всех возможных решений проблемы. Определяются их плюсы и минусы;

4. Оценка потенциального решения. Здесь происходит оценка каждого решения. Могут учитываться различные факторы, такие как стоимость, сложность реализации, влияние на другие компоненты системы и многие другие;

5. Реализация решения. Финальный шаг, который включает в себя внедрение выбранного решения и мониторинг его эффективности в течение определенного времени;

6. Составление документации. Необязательный шаг, который подразумевает документирование проблемы и ее решения. Пишутся рекомендации по избеганию подобных проблем в будущем.

Следуя этим шагам, можно обеспечить правильное функционирование системы.

Какие-либо шаги при проведении системного анализа могут добавляться или изменяться. Все зависит от самой системы.

При выполнении системного анализа одной из главных задач является реализация безопасности и целостности системы. В первую очередь, необходимо оценить риски и определить уязвимости системы.

Применение системного анализа позволяет определить факторы, влияющие на производительность и надежность системы, а также выявить угрозы безопасности и возможные пути их решения. Для этого необходимо провести анализ данных, проанализировать существующие угрозы и уязвимости, а также разработать стратегию повышения безопасности системы. Следует понимать, что нарушение информационной безопасности системы может привести к потере данных, нарушению репутации, а также к финансовым потерям.

Как видно, системный анализ помогает определить множество проблем в системе, включая проблемы, связанные с защитой информации.

После применения системного анализа можно приступать к поиску средств защиты информации (СЗИ). Сейчас существуют различные СЗИ. Например, аппаратные и программные средства, физические меры, организованные мероприятия, законодательные меры. Средства защиты делятся на технические и нетехнические.

К аппаратным методам защиты можно отнести электронные, электронно-механические и электронно-оптические устройства. Таких средств сейчас создано довольно много. Наиболее распространенными считаются следующие виды защиты:

- специальные реестры для хранения реквизитов защиты паролей, идентифицирующих кодов и т.п.;
- генераторы кодов, предназначенных для автоматического генерирования идентифицирующего кода устройства;
- устройства измерения индивидуальных характеристик человека (голоса, отпечаток) с целью его идентификации;
- специальные биты секретности, значение которых определяет уровень секретности информации, хранимой техническим устройством, которому принадлежат данные биты;
- схемы прерывания передачи информации в линии связи с целью периодической проверки адреса передачи данных.

Особую и получающую наибольшее распространение группу аппаратных средств защиты составляют устройства для шифрования информации.

Шифрование информации заключается в том, что информация преобразуется в такой вид, при котором нельзя определить ее содержание.

Основные направления работ по рассматриваемому аспекту защиты можно сформулировать таким образом:

- выбор рациональных систем шифрования для надежного закрытия информации;
- обоснование путей реализации систем шифрования в автоматизированных системах;
- разработка правил использования криптографических методов защиты в процессе функционирования автоматизированных систем;
- оценка эффективности криптографической защиты.

К программным методам защиты можно отнести особые программы, выполняющие функции защиты данных, например, от вредоносных программ. Чаще всего используют именно программные средства защиты, так как они являются более универсальными и простыми в использовании.

Резервное копирование также является одним из основных СЗИ. Оно предназначено для хранения копий данных или программ на каком-либо носителе. Резервное копирование необходимо для восстановления программ или данных в оптимальное состояние после повреждений в результате сбоя или хакерских атак.

К организационным мерам можно отнести обучение пользователей. Пользователи должны быть обучены, как правильно работать с информацией, как обнаруживать и сообщать об угрозах безопасности и какие меры безопасности следует принимать при работе с конфиденциальной информацией.

В заключение можно сказать, что каким бы превосходным не оказался системный анализ, какие СЗИ не использовались бы, полной гарантии безопасности информации быть не может, но при этом сильно увеличится уровень готовности системы к различным проблемам.

### **Список литературы**

1. Прокофьев, О. В. Защита информации и информационная безопасность / О. В. Прокофьев. – 2019. – 240 с.

*Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ  
(учебный и испытательный)*



УДК 66.081.3

*Д. А. Бадин, А. Н. Тимиргалиев, С. О. Рыбакова,  
О. А. Ананьева, В. О. Яркин, Т. С. Кузнецова\**

**ГРАФЕНСОДЕРЖАЩИЙ СОРБЕНТ НА ОСНОВЕ  
АКТИВИРОВАННОГО РАПСОВОГО БИОУГЛЯ  
ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ СРЕД**

Согласно последнему докладу Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), почти 844 миллиона человек во всем мире не имеют доступа к безопасной питьевой воде. Сбрасываемые сточные воды предприятий промышленности в различные водоемы представляют все больший риск для жизни людей и водных организмов, поскольку большинство разновидностей красителей, тяжелых металлов и т.п., обнаруживаемых в сточных водах, токсичны и канцерогенны [1]. Для удаления загрязнителей различной химической природы существует несколько подходов, таких как адсорбция, коагуляция-флокуляция, совместное осаждение, мембранное разделение, ионообмен, фото- и биологическое разложение. Адсорбция считается одним из эффективных методов благодаря таким привлекательным свойствам, как гибкость, простота эксплуатации и экономическая целесообразность. В настоящее время используются различные разновидности адсорбентов, таких как биоуголь, композиты с активированным углем, наночастицы, полимеры, смолы, глины, минералы и биосорбенты [2].

Среди доступного ассортимента адсорбентов активированный уголь, несомненно, считается универсальным адсорбентом благодаря его низкой стоимости, превосходной адсорбционной способности, экологичности и хорошим характеристикам поверхности. Современным низкотемпературным способом переработки биомассы является гидротермальная карбонизация (ГТК), которая относится к «зеленым» технологиям за счет отсутствия выбросов вредных газов. Особенно

---

\* Работа выполнена под руководством кандидата технических наук, доцента кафедры «ТТПН» ФГБОУ ВО «ПГТУ» А. Е. Буракова, кандидата технических наук, доцента кафедры «ТТПН» ФГБОУ ВО «ПГТУ» И. В. Бураковой.

стью этого процесса являются мягкие условия его осуществления в сравнении с хорошо изученным пиролизом.

Целью настоящей работы является синтез и оценка физико-химических свойств графенсодержащего активированного биоугля на основе растительных отходов переработки рапса и определение его сорбционной способности по отношению к различным загрязнителям.

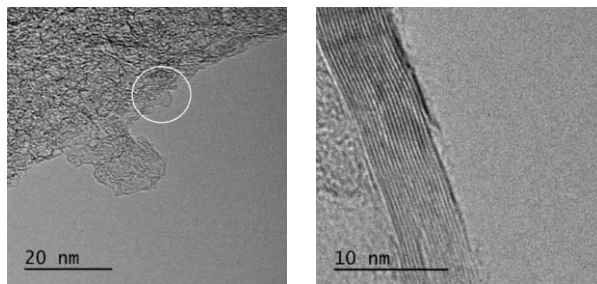
В качестве источника углерода в работе использовали шрот рапса (Тамбовская обл.). Модификатором выступал оксид графена (ОГ) в виде водной 1 мас. % суспензии (ООО «НаноТехЦентр», г. Тамбов). Биоуголь получали методом гидротермальной карбонизации в автоклавах из нержавеющей стали в течение 12 часов при 180 °С. Полученный гидроуголь отделяли от жидкости путем фильтрования. Далее проводилась ступенчатая карбонизация отфильтрованного материала при 150, 500 и 750 °С в течение часа при каждой температуре в среде аргона. Карбонизованный материал подвергали щелочной активации, для этого его смешивали с гидроксидом калия (KOH) в массовом соотношении 1:6. Процесс осуществляли в инертной среде при 400 и 750 °С в течение часа при каждой температуре.

Полученный материал промывали дистиллированной водой на фильтре до нейтрального pH, после чего выдерживали 24 ч в концентрированной соляной кислоте (ГОСТ 3118–77). Далее биоуголь повторно промывали до нейтрального pH и сушили при 110 °С до постоянной массы. Для получения нанокomпозиционного сорбента активированный биоуголь смешивали с суспензией ОГ до однородного состояния (соотношение 1,5:1), после чего подвергали ультразвуковой обработке. Материал загружали в автоклавы и выдерживали при 180 °С в течение 20 ч. На следующей стадии композит обрабатывали в лиофильной сушилке (Scientz-10n, China) замораживанием до –30 °С и последующей лиофилизацией в течение 48 ч, в ходе которой происходило сублиминационное удаление растворителя. Итоговый материал представлял собой самопроизвольно скомпактировавшийся продукт (рис. 1).

В работе были изучены физико-химические свойства нанокomпозита, а также особенности морфологии углеродной структуры. Проведена оценка упорядоченности углеродного каркаса и особенностей кристаллического строения. Получены ИК-спектры для определения присутствия функциональных групп материала. Согласно изображениям просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ) (рис. 2), материал имеет ажурную трехмерную структуру графеновых листов, имеющих неровные края.



**Рис. 1. Внешний вид графенсодержащего сорбента на основе рапса**

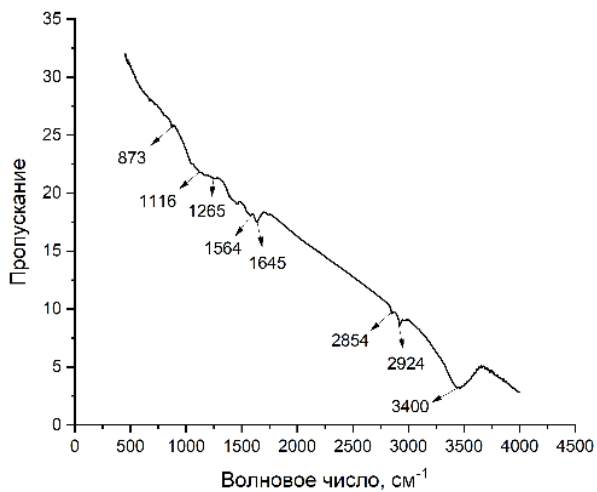


**Рис. 2. ПЭМ изображения нанокompозита**

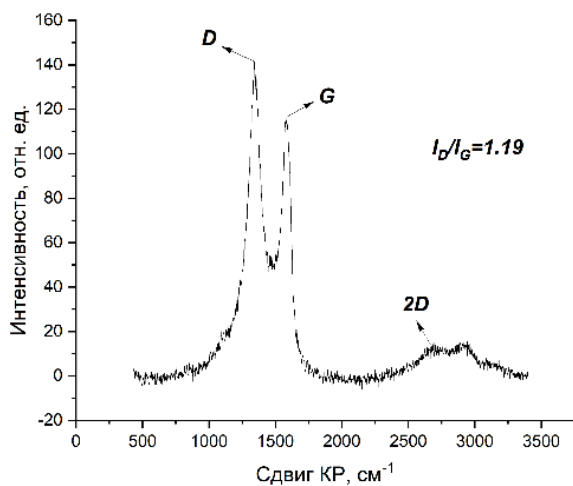
Встречаются редкие вкрапления линейной ламеллярной структуры, сформированной в результате его постобработки. Однако в целом образец представлен замкнутыми фрагментами фуллереноподобных частиц неправильной формы.

ИК-спектр нанокompозита (рис. 3, *a*) содержит пики, указывающие на наличие сорбированной воды (широкий пик в области  $3400\text{ см}^{-1}$ ), связей C–H в алкильных фрагментах ( $2924, 2854\text{ см}^{-1}$ ), C=O ( $1645\text{ см}^{-1}$ ), связей ароматического кольца при  $1564\text{ см}^{-1}$ , C–O (группа пиков в области  $1100...1265\text{ см}^{-1}$ ), фосфорсодержащих соединений ( $873\text{ см}^{-1}$ ).

Согласно спектроскопии комбинационного рассеяния (рис. 3, б), в составе широкого пика в области  $1000 \dots 1650 \text{ см}^{-1}$  присутствуют мода G (около  $1590 \text{ см}^{-1}$ ) и D (при  $1350 \text{ см}^{-1}$ ).



а)



б)

Рис. 3. ИК (а) и КР-спектры (б) нанокompозита

Также можно выделить обертоны второго порядка полосы D – 2D при  $2670 \text{ см}^{-1}$ . Поскольку 2D-полоса возникает в результате процесса двухфононного двойного резонанса, она тесно связана с зонной структурой слоев графена. Соотношение  $I_D/I_G > 1$ , что указывает на высокое содержание sp<sup>3</sup>-гибридизованных атомов углерода в материале.

Рентгеновский спектр (рис. 4) показывает размытые пики при  $26^\circ$  и  $47^\circ$ , что указывает на наличие плоскостей 002 и 100 графеновых материалов. Отсутствие острых пиков в спектрах позволяет предполагать, что наноккомпозит имеет аморфные характеристики с графеноподобной структурой.

Для определения кинетических параметров адсорбции органических молекул и ионов тяжелых металлов проводили эксперименты в статических условиях в ограниченном объеме; для этого брали 0,01 г наноккомпозита, начальная концентрация растворов красителей составляла 1500 мг/л, ионов тяжелых металлов – 100 мг/л, объем раствора – 30 мл. Растворы перемешивали в течение 60 мин при 100 об/мин и комнатной температуре на ротаторе Multi Bio RS-24 (Biosan) и затем фильтровали.

Согласно полученным результатам, наноккомпозит на основе активированного биоугля из шрота рапса, модифицированный оксидом графена, показывает сравнительно высокие значения адсорбционной емкости. По красителям адсорбционная емкость составила: конго красный (КК) – 642 мг/г, малахитовый зеленый (МЗ) – 1860 мг/г, по ионам тяжелых металлов на примере ионов свинца – 205 мг/г.

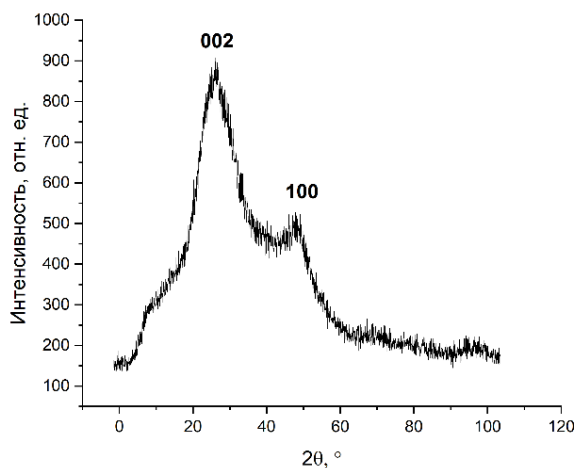


Рис. 4. Рентгеновская дифрактограмма наноккомпозита

Полученный материал совмещает в себе высокую удельную поверхность исходного активированного материала (3193 м<sup>2</sup>/г) и насыщенные функциональными группами графеновые листы, что в совокупности позволяет нанокompозиту показывать высокую сорбционную способность как по металлам (поглощение которых обычно идет по ионному обмену), так и органическим молекулам (при сорбции которых важна развитая площадь поверхности).

Таким образом, в настоящей статье разработана методика получения высокоэффективного сорбционного материала на основе активированного биоугля из отходов рапса, модифицированного в ходе гидротермальной карбонизации оксидом графена. По результатам оценки свойств нанокompозита было установлено, что материал имеет пористый углеродный каркас, поверхность которого покрыта листами графена. Рентгенофазовый анализ подтвердил формирование графеноподобной углеродной структуры сорбента. Авторами была изучена адсорбция синтетических органических красителей и ионов свинца из водных растворов на разработанном материале.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-13-20074, <https://rscf.ru/project/22-13-20074>*

### Список литературы

1. Adsorption of anionic and cationic dyes on ferromagnetic ordered mesoporous carbon from aqueous solution: equilibrium, thermodynamic and kinetics / X. Peng, D. Huang, T. Odoom-Wubah, et al. // Journal of Colloid and Interface Science. – 2014. – No. 430. – P. 272 – 282. – DOI : 10.1016/j.jcis.2014.05.035
2. Pichel, N. The problem of drinking water access: a review of disinfection technologies with an emphasis on solar treatment methods / N. Pichel, M. Vivar, M. Fuentes // Chemosphere. – 2019. – No. 218. – P. 1014 – 1030. – DOI : 10.1016/j.chemosphere.2018.11.205

*Центр коллективного пользования «Получение и применение многофункциональных наноматериалов» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

*Д. А. Егоров\**

## **ПРИЧИНЫ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕНДЕЦИИ МОЛОДЫХ ИНЖЕНЕРОВ В ОБЛАСТИ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

С течением времени школьник задается вопросом: «Кем я стану в будущем?». На этот вопрос не могут ответить ни родители, которые его растили, ни он сам. А к приближению восемнадцатилетнего возраста необходимо уже выбрать профессию, которой посвятишь всю свою жизнь. Специальность, которой будешь отдавать все свои силы, знания, энергию. Та сфера деятельности, которая будет интересна, не надоеет через десяток лет. Работа, которая будет кормить не только тебя, но и твою семью.

Именно с такими серьезными требованиями в один день школьник должен выбрать дело своей жизни. Буквально несколько лет назад одной из самых востребованных специальностей считалась «Юриспруденция». Однако, в настоящее время количество юристов очень большое. Их вклад в развитие общества неоспоримо имеет вес. Но у выпускников, получившие данную специальность, имеются проблемы с трудоустройством. На популярном сервисе по поиску работы по России на 3 480 191 юридических резюме только 13 352 вакансий [1]. В связи с этим сделать выбор становится еще сложнее.

Что обычному школьнику необходимо для того, чтобы не переживать о своем будущем при выборе профессии?

1. *Наличие работы.* Молодой выпускник не должен переживать о том, что его специальность не востребована.

2. *Обучение.* Молодой работник должен быть уверен, что он придет на определенное место и его не бросят с огромным пакетом теорий, а предоставят практическое применение полученных знаний за годы образования.

3. *Карьерный рост.* Молодой работник, прошедший обучение, должен видеть, куда стремиться. Разнообразие количества узких областей, среди которых он смог бы сделать выбор и усердно изучать это направление.

---

\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора кафедры «КИСМ» ФГБОУ ВО «ТГТУ» М. В. Соколова.

4. *Заработная плата.* Молодой работник должен быть мотивирован на карьерный рост. Зарплата должна расти в зависимости от уровня компетенций специалиста.

В настоящее время специальности, закрывающие все вышеизложенные требования, находятся в области машиностроения.

Лучшая профессия для начала развития в области машиностроения – «оператор станков с ЧПУ» [2]:

На рынке труда сформировалось мнение про оператора ЧПУ – что это одна из самых востребованных профессий в настоящее время. Специалисты часто работают на предприятиях машиностроительного и металлообрабатывающего машиностроения. В обязанности операторов станков с ЧПУ входит управление обработкой деталей, мониторинг работы станка, настройка программ управления. Эти специалисты осуществляют подбор инструмента и его установку в инструментальные блоки, установку самих инструментальных блоков, переналадку узлов и механизмов станка.

Средняя рыночная зарплата операторов станков с ЧПУ в Москве составляет 85 000 руб., а в северной столице доход соискателей на эту должность может составлять примерно 67 000 руб./мес. На рабочих местах в столице республики Татарстан Казани и Уфе средняя зарплата составляет 56 000 руб. Навык чтения чертежей и умение работать в спец. программах (AutoCad, Компас и пр.) пригодится желающим освоить профессию оператора станка с ЧПУ. Молодые люди после колледжа и профессиональных училищ могут рассчитывать на должности начального уровня. В столице заработок может уже достигать от 70 до 95 тысяч руб., а в северной столице – от 45 до 70 тысяч руб., в Казани – от 40 до 60 тысяч руб., в Уфе – от 42 до 65 тысяч руб. Для более опытных специалистов, которые более года в профессии, зарплаты уже существенно выше. В Москве их заработок может достигать до 130 000 руб., а в городе на Неве – 110 000 руб., в Татарстане и Башкортостане – 84 000 руб. Доступ к самым высоким заработным платам открывается для специалистов от 4-го разряда, проработавших оператором станков с ЧПУ узкой специализации (гибка, фрезерование или токарная обработка) не менее 2-х лет. Претенденты, соответствующие этим требованиям, могут претендовать на доход до 145 000 руб. в Москве, до 135 000 рублей в Северной столице и до 100 000 руб. в Казани и Уфе. Согласно исследованию рынка труда, молодые люди со средним профильным образованием с большей вероятностью будут претендовать на должность оператора станков с ЧПУ.



Вот что говорят о профессии «токарь» [3]:

Актуальность профессии токаря. Токари играют ключевую роль в производственном процессе. Они занимаются обработкой металлов и других материалов на токарных станках, создавая детали и компоненты для различных машин и устройств. Профессия токаря востребована в таких отраслях, как автомобилестроение, машиностроение, авиация, судостроение и многих других. С увеличением сложности и требований к качеству производимых деталей, необходимость в квалифицированных специалистах только возрастает. Чтобы соответствовать современным требованиям и успешно строить карьеру в этой области, важно обладать актуальными знаниями и навыками. В этом контексте дистанционное обучение на токаря становится отличным вариантом для получения профессионального образования. В 2024 году профессия токаря сохраняет свою актуальность по следующим причинам: развитие новых технологий и повышение требований к точности и качеству деталей требует высокой квалификации и профессионализма токарей. Токари востребованы в самых разных отраслях, что обеспечивает стабильный спрос на их услуги. Современность производственных мощностей требует квалифицированных специалистов, способных работать на новейшем оборудовании. Профессия токаря предлагает стабильные рабочие места и хорошие условия труда, что делает ее привлекательной для многих соискателей.

Насчет профессии «инженер» [4]:

Молодым специалистам сегодня рады 68% российских организаций. Не берут на работу выпускников вузов лишь в каждой четвертой компании. Подобная ситуация характерна для благоприятных периодов на рынке труда. В посткризисном 2009 г. молодых специалистов принимали на работу лишь 54% компаний, затем фиксировался ежегодный прирост числа работодателей, лояльных выпускникам, до 72% в 2013 г. И вновь снижение в период 2015 – 2017 гг. до 60...62%. Чаще всего выпускников вузов сегодня готовы принять на позиции инженеров (15% работодателей, принимающих на работу молодых специалистов).

На предприятиях практически любой выпускник, имея желание, может пробиться из обычного работника в квалифицированного специалиста.

В связи с этим можно сделать следующий вывод.

- Трудоустройство. Молодым специалистам в областях машиностроения очень рады даже в особо крупных компаниях вне зависимости от опыта работы.

- Заработная плата будет увеличиваться и зависит от уровня знаний и компетенций.

- Общественное мнение. Люди с уважением и восхищением относятся к профессиям, связанным с машиностроением.

- Обучение. В большинстве компаний предоставляется полное обучение с нуля.

Стремительный технологический рост сложно не заметить. Именно поэтому в данной области молодой специалист может не только работать и обеспечивать свою семью, но и привнести особый научно-технический вклад в развитие машиностроения.

### Список литературы

1. В России на одну вакансию юриста приходится 260 резюме от юристов. – URL : [https://pikabu.ru/story/v\\_rossii\\_na\\_odnu\\_vakansiyu\\_yurista\\_prikhoditsya\\_260\\_rezyume\\_ot\\_yuristov\\_9456967?utm\\_source=linkshare&utm\\_medium=sharing](https://pikabu.ru/story/v_rossii_na_odnu_vakansiyu_yurista_prikhoditsya_260_rezyume_ot_yuristov_9456967?utm_source=linkshare&utm_medium=sharing)

2. Оператор станка с ЧПУ – востребованная профессия. – URL : <https://cdelct.ru/baza/operator-stanka-s-chpu-vostrebovannaya-professiya.html>

3. Почему профессия токаря остается востребованной в 2024 году. – URL : <https://dzen.ru/a/ZrNRefWdkmd7MLK5>

4. Самые востребованные молодые специалисты – инженеры различных специализаций. – URL : <https://www.superjob.ru/research/articles/112131/samye-vostrebovannye-molodye-specialisty/>

*Кафедра «Компьютерно-интегрированные системы  
в машиностроении» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

*Н. С. Ковалев, Т. И. Горехов\**

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ ИЗ ДРЕВЕСНО-ГИПСОВОГО КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА**

В современном строительстве при производстве материалов важную роль играет определение себестоимости выпускаемой продукции. На основании этих данных можно понять, сможет ли выпускаемый продукт быть востребованным и конкурентным на рынке строительных изделий.

Себестоимость – это сумма затрат, т.е. ресурсов (материалы, сырье, полуфабрикаты, энергия, работа наемных сотрудников), которые тратит производитель в ходе производства продукции и доведения ее до потребителя, но выраженных непосредственно в денежной форме [1].

Производственная себестоимость – затраты на изготовление той или иной продукции.

Производственная себестоимость древесно-гипсового композитного материала рассчитывается по следующей формуле:

$$СП = (ПР + ВР + СИ) / КЕП,$$

где СП – себестоимость производства; ПР – прямые расходы; ВР – временные расходы; СИ – сопровождающие издержки; КЕП – количество единиц продукции или м<sup>2</sup>.

Расчет производственной себестоимости древесно-гипсового композитного материала приведен для двух видов продукции: декоративные плитки размером 270×85×15 мм (рис. 1, а), декоративные плитки размером 220×55×5 мм (рис. 1, б).



**Рис. 1. Декоративные плитки: 270×85×15 мм (а), 220×55×5 мм (б)**

---

\* Работа выполнена под руководством кандидата технических наук, доцента ФГБОУ ВО «ТГТУ» А. В. Ерофеева.

К прямым единовременным расходам можно отнести покупку матриц для изготовления плиток размером 270×85×15 мм и плиток размером 220×55×5 мм, к прямым постоянным расходам можно отнести стоимость сырья, заработную плату рабочих. Для производства обеих разновидностей декоративной продукции потребуются 2 рабочих с заработной платой 30 000 руб. С заработной платы, согласно законодательству Российской Федерации, уплачиваются 30% налогов, тем самым они составляют 18 000 руб. Материал состоит из следующих компонентов: вода – 39%; гипс марки Г16 – 45%; древесные опилки – 16% [2 – 4].

*Производство плитки размером 270×85×15 мм.* В месяц двое рабочих с помощью применения технологической линии могут произвести 600 м<sup>2</sup> изделий. Для указанного объема производства готовой продукции потребуется 55 мешков гипса Г-16 весом 40 кг и стоимостью 750 руб. каждый. Тем самым затраты на гипсовое вяжущее составят 41 250 руб. в месяц. Древесные опилки будут бесплатно поставляться с лесопилок как отходы производства, при этом затраты на транспортировку и упаковку опилок составят 5000 руб. в месяц.

Затраты за 1 м<sup>3</sup> холодной воды во 2 квартале 2024 года составят 35,31 руб. Для указанного объема производства готовой продукции потребуется 2,0 м<sup>3</sup> холодной воды в месяц, т. е. 70,62 руб. Затраты за 1 кВт·ч электричества во 2 квартале 2024 года составят 5,65 руб. При необходимости 220 кВт·ч электричества в месяц, полные затраты составят 1243 руб.

Экспериментально установлено, что на 1 м<sup>2</sup> площади плитки для получения однотонного цвета требуется 330,58 г. краски-колера, 240 г. грунтового состава и 240 г. декоративно-защитного лака. Затраты на изготовление 600 м<sup>2</sup> изделий составили: 66 116 руб. – колеры VGT ВД-АК-1180, 5184 руб. – грунтовый состав LUMENIX (стоимость 36 руб. за литр), 40 464 руб. – декоративно-защитный лак Лакра тонированный с антисептическими свойствами бесцветный (стоимость 281 руб. за литр). Общие затраты на покраску плиток составили 111 764 руб.

Временные расходы состоят из рекламы продукции, стоимость которой 10 000 руб. в месяц. Сопровождающие издержки включают в себя затраты на ремонт оборудования, равный 5000 руб. в месяц.

Таким образом, производственная себестоимость рассматриваемых изделий составляет 420 руб./м<sup>3</sup>.

*Производство плитки размером 220×55×5 мм.* Для указанного объема производства готовой продукции потребуется 27 мешков гипса

Г-16 весом 40 кг и стоимостью 750 руб. каждый, тем самым затраты на гипсовое вяжущее составят 20 250 руб. в месяц. Древесные опилки будут бесплатны, затраты на их транспортировку и упаковку составят 5000 руб. в месяц.

Для указанного объема производства готовой продукции требуется 1,0 м<sup>3</sup> холодной воды в месяц, т.е. 35,31 руб. Затраты на электроэнергию аналогичные (1243 руб.). Затраты на окраску изделий, временные расходы и сопровождающиеся издержки аналогичны предыдущему случаю. Таким образом, производственная себестоимость рассматриваемых изделий составляет 360 руб./м<sup>3</sup>.

В случае использования при производстве древесно-гипсового композитного материала добавок его себестоимость будет изменяться. Такое изменение расходов показано в табл. 1. Согласно принятой технологии использования добавок, количество используемого гипсового вяжущего снижается на массу используемой добавки, что необходимо учитывать в расчете.

Анализ табл. 1 показывает, что использование в качестве добавки СВВ-500 приводит к значительному удорожанию производства древесно-гипсового композитного материала. Использование портландцемента, напротив, при повышении прочностных характеристик позволяет снизить стоимость производства отделочного материала.

### 1. Изменение стоимости производства древесно-гипсового материала при условии использования добавок

Вид добавки	Содержание добавки, %	Расход добавки на 1 м <sup>3</sup> , кг	Единицы измерения, кг	Стоимость за единицу, руб.	Стоимость добавки на производство 1 м <sup>3</sup> , руб.	Уменьшение стоимости за счет изменения расхода гипсового вяжущего на м <sup>3</sup> , руб.	Итого, руб./м <sup>3</sup>
Портландцемент	16,50	98,61	50	529	1043	1849	-806
СВВ-500	2,00	11,95	2	614	3669	224	3445
ViscoCrete-225 P	0,12	0,72	20	17 235	620	13	607
Известь	17,50	104,59	5	104	2175	1961	214

## Список литературы

1. WiseAdviceIT. Расчет себестоимости [Электронный ресурс]. – URL : <https://wiseadvice-it.ru/o-kompanii/blog/articles/raschet-sebestoimosti-produkcii/> (дата обращения: 06.05.2024).

2. Ерофеев, А. В. Построение и проверка адекватности уравнения регрессии прочности на растяжение при изгибе от соотношения компонентов композитного материала / А. В. Ерофеев, А. А. Морковин, Т. И. Горохов // *Архитектура, строительство, транспорт*. – 2022. – № 2(100). – С. 30 – 38. – DOI : 10.31660/2782-232X-2022-2-30-38

3. Ковалев, Н. С. Построение и проверка адекватности уравнения регрессии коэффициента теплопроводности от соотношения исходных компонентов композитного материала на основе гипсового вяжущего и древесных опилок / Н. С. Ковалев, Т. И. Горохов, А. В. Ерофеев // *Современное строительство и архитектура : сборник*. – 2022. – № 3(27). – С. 17 – 23.

4. Горохов, Т. И. Оптимизация расхода гипсового вяжущего методом математического планирования эксперимента / Т. И. Горохов, С. И. Горохов, А. В. Ерофеев // *Молодые ученые – развитию национальной технологической инициативы (ПОИСК – 2022) : сб. материалов*.

*Кафедра «Конструкции зданий и сооружений» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

*А. В. Пачин\**

## **РАСХОДЫ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕКОРА МЕБЕЛИ**

Обработка древесных материалов методом фрезерования – один из самых распространенных методов. В производственных условиях используются обрабатывающие центры, станки с числовым программным управлением, станки общего назначения.

Фрезерование – процесс лезвийной обработки материала с вращательным главным движением резания при постоянном радиусе его траектории и движением подачи (ГОСТ 25761–83). При этом припуск заготовки снимается путем последовательного срезания отдельных серповидных стружек.

Расходы при фрезеровании декоративных элементов мебели могут включать несколько ключевых факторов.

Фрезы бывают двух видов: алмазные и твердосплавные. Твердосплавные фрезы – монолитный или сборный инструмент, который вытачивается на шлифовальных станках ЧПУ из цилиндрических металлических прутков. Режущая часть изделий производится из вольфрама и кобальта, что определяет их износостойкость и прочность.

Алмазные фрезы – это фрезы тверже твердосплавных, благодаря алмазным пластинам, и прочнее из-за стального хвостовика. Они особенно выгодны при крупносерийном производстве и могут показывать большую стойкость. При аккуратном обращении возможно неоднократное их затачивание. Аккуратное обращение – это, прежде всего, отсутствие ударов в работе. Но внимания требует и сравнительно низкая теплостойкость алмаза: слишком маленькие подачи могут привести к перегреву и поломке фрезы.

Материалы: Стоимость древесины, фанеры или других материалов, из которых будут изготовлены элементы. Это зависит от выбранного сорта и качества материала.

При фрезеровании декоративных элементов используются различные материалы, каждый из которых имеет свои характеристики свойства и назначение. Вот основные из них:

---

\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора кафедры «КИСМ» ФГБОУ ВО «ТГТУ» М. В. Соколова.

### 1. Древесина:

- цельная древесина (такая как дуб, ясень, сосна, береза) часто используется для каркасных конструкций и видимых деталей мебели;
- фанера: легкий и прочный материал, используемый в качестве основы для различных элементов мебели, а также в мебельных корпусах;
- МДФ (мелкодисперсная фракция): используется для создания гладких поверхностей и удобен для фрезерования сложных форм.

2. Ламинированные плиты: Это МДФ или ДСП (древесно-стружечные плиты), покрытые декоративным слоем, часто используются для изготовления мебельных фасадов.

3. Клееный брус: широко используется для создания прочных и долговечных конструкций, таких как столы и стулья.

4. Акрил и пластик: эти материалы применяются для создания современных элементов мебели и декоративных деталей благодаря своей легкости и разнообразию форм.

5. Стекло и композитные материалы: часто используются в сочетании с другими материалами для создания оригинальных и стильных решений.

Выбор материалов зависит от дизайна, назначения мебели и желаемых эксплуатационных характеристик.

Также нужно учитывать заработную плату операторов, которая складывается от сложности операции, а также важно учитывать количество времени, затрачиваемое на изготовление элементов.

Энергетические расходы – потребление электроэнергии для работы оборудования, особенно если это высокопроизводительные станки.

При фрезеровании декоративных элементов мебели используется разнообразное оборудование. Вот основные виды оборудования, которые могут применяться:

#### 1. ЧПУ (числовое программное управление) фрезеры:

– эти машины позволяют автоматически выполнять сложные фрезерные операции с высокой точностью. Они идеально подходят для серийного производства и могут фрезеровать как простые, так и сложные формы.

#### 2. Ручные фрезеры:

– используются для ручной обработки деталей. Позволяют выполнять более гибкие задачи, которые могут требовать внимание к деталям и творческий подход.



### 3. Вертикальные и горизонтальные фрезеры:

– эти станки используются для выполнения различных фрезерных операций, таких как выборка, профилирование и обработка торцевых деталей.

### 4. Фрезерные станки с копирными устройствами:

– позволяют повторять форму шаблона и используются для создания одинаковых декорированных элементов.

### 5. Кромочные фрезеры:

– используются для обработки краев деревянных деталей, создания различных профилей и стыков.

### 6. Станки для шлифования и полирования:

– используются после фрезерования для придания поверхности гладкости и улучшения внешнего вида готовых деталей.

Выбор оборудования зависит от специфики работы, квалификации рабочего, объема производства и сложности выполняемых задач.

Из-за такого большого многообразия номенклатуры, обрабатываемого материала и режущего инструмента сталкиваемся с трудностями. Трудности, связанные с прогнозированием расходов, потому что эти параметры постоянно меняются и все это заново приходится пересчитывать.

Я предлагаю создать систему прогнозирования, которая будет представлять собой базы данных, из которых можно будет быстро выбрать нужный материал, инструменты, оборудование, квалификацию рабочего, для расчета стоимости определенных отверстий, пазов и прочих элементов декора.

## Список литературы

1. Обработка древесины метом фрезерования / под ред. И. Г. Глебова. – Екатеринбург : Изд-во УГЛТУ. лит., 2007. – 196 с.

*Кафедра «Компьютерно-интегрированные системы  
в машиностроении» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

*Н. С. Родина, М. В. Родин, И. Н. Лякутина\**

## **ТЕНДЕНЦИИ В ОБЛАСТИ КЛЕЕВЫХ СОСТАВОВ НА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ**

Благодаря снижению негативного воздействия на окружающую среду и ослаблению зависимости от нефтяных ресурсов материалы на биологической основе находят применение в различных сферах жизни человека. В производстве клеевых составов такие материалы расширяют функциональные возможности благодаря новой молекулярной архитектуре, придают гидрофобность клеям, снижают токсичность для человека и окружающей среды.

Тенденции развития того или иного объекта можно оценивать различными способами. Одним из эффективных инструментов исследования технологических трендов является анализ патентной активности [1], который может быть использован при оценке текущей конкурентной ситуации.

Рассмотрим пример использования патентной статистики для анализа привлекательности и актуальности применения биологических основ клеевых составов. Анализ литературных источников [2] показал, что к числу перспективных биологических основ для клеев относятся танины без использования каких-либо соединений, дающих альдегиды; лигнины; белки различного происхождения (например, на основе соевого белка); углеводы; ненасыщенные растительные масла.

Изученная патентная информация показала, что интерес к биологическим основам появился в конце XIX – начале XX в. (рис. 1 – б), стремительный рост патентной активности наблюдался в период 1970 – 2015 годы, а далее – некоторый спад.

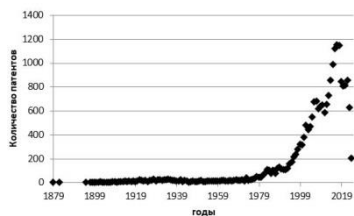
Поскольку для всех запросов наблюдается одна и та же закономерность, то можно проанализировать тенденции развития технологий на примере танниновых клеев.

Для выявления тенденций развития на основе кумулятивного динамического ряда строится кривая динамики изобретательской активности (рис. 7).

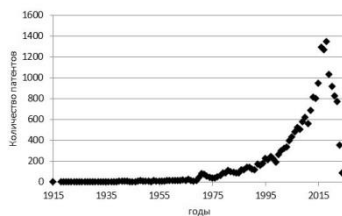
---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента кафедры «Техника и технологии производства нанопроductов» ФГБОУ ВО «ТГТУ» Т. В. Пасько.

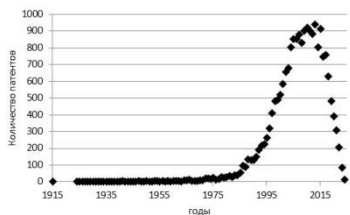
Кривая динамики патентования (рис. 7) соответствует S-образной зависимости, описывающей развитие любой технологии. В соответствии с жизненным циклом технологии (рис. 7) можно выделить период становления/зарождения и период активного роста. Допустимо предположить, что в настоящее время технологии получения танниновых клеев стремятся к точке перелома, где возможности роста на основе данной технологии исчерпаны и близок технологический предел. Далее, вероятно, последует переход от одного поколения технологий к другому.



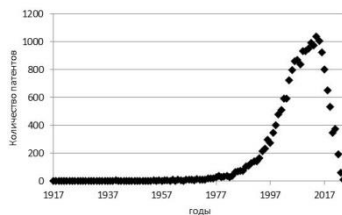
**Рис. 1. Распределение патентов по запросу «Tannin Adhesive»**



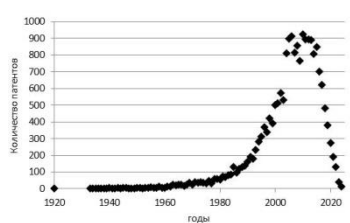
**Рис. 2. Распределение патентов по запросу «Lignin Adhesive»**



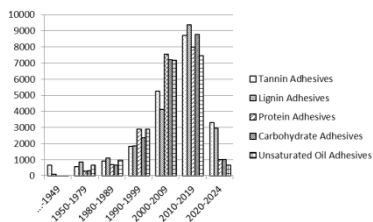
**Рис. 3. Распределение патентов по запросу «Protein Adhesive»**



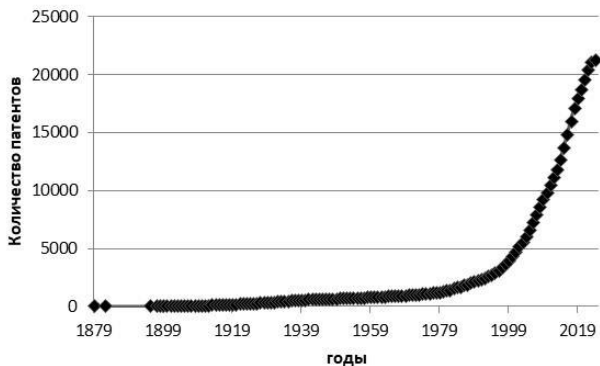
**Рис. 4. Распределение патентов по запросу «Carbohydrate Adhesive»**



**Рис. 5. Распределение патентов по запросу «Unsaturated Oil Adhesive»**



**Рис. 6. Распределение патентов в области биологических основ клеевых составов**

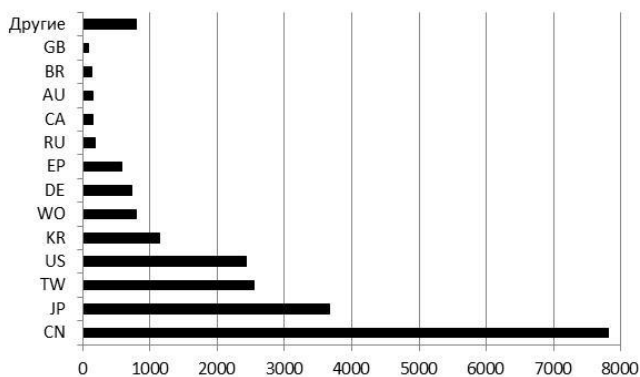


**Рис. 7. Динамика патентной активности по запросу «Tannin Adhesive»**

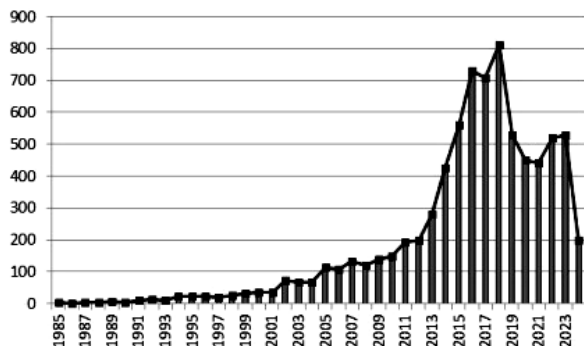
Анализ патентной документации по странам (рис. 8) показал, что наибольшее количество патентов по запросу «Tannin Adhesive» получено в Китае, далее следуют Япония, Тайвань и США. При этом патентные документы Китая составляют свыше 35% от результатов поиска.

На рисунке 9 приведены гистограмма распределения патентной документации и кривая динамики изобретательской активности Китая в области танниновых клеев по годам публикации патентов.

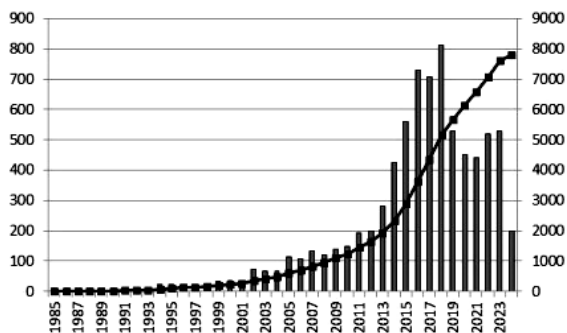
Как видно из гистограммы (рис. 9, а) количество патентной документации в Китае распределено неравномерно, при этом соответствует общей тенденции.



**Рис. 8. Классификация патентной документации по странам (запрос «Tannin Adhesive»)**



а)

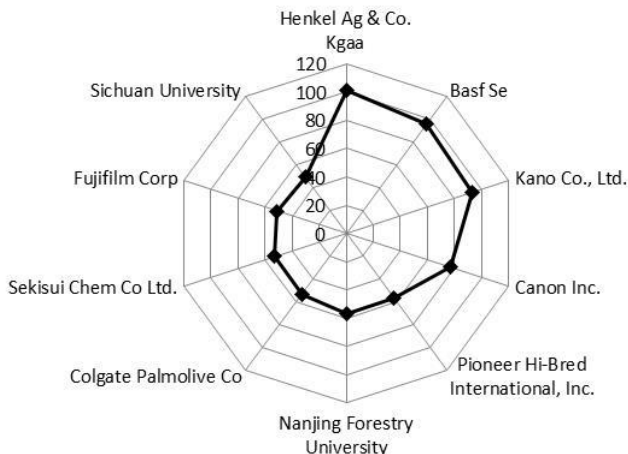


б)

**Рис. 9. Распределение патентной документации (а) и кривая динамики изобретательской активности (б) в Китае по запросу «Tannin Adhesive»**

На графике наблюдается несколько пиков разной величины. Наибольшее число патентов в заданной области поиска в Китае фиксируется с начала 2010-х годов. Зависимость роста изобретательской активности (рис. 9, б) имеет вид S-образной кривой, демонстрирующей развитие технологии от момента зарождения до стадии стабилизации (предел технологий).

Анализ патентообладателей (по запросу «Tannin Adhesive») показал абсолютное доминирование немецких компаний (рис. 10). Первую десятку по количеству патентов преимущественно занимают азиатские корпорации и университеты: три места у японских компаний, китайские заняли два места, одно у Южной Кореи. США представлены двумя компаниями Pioneer Hi-Bred International, Inc. и Colgate Palmolive Co.



**Рис. 10. Крупнейшие патентообладатели по запросу «Tannin Adhesive»**

Патентная статистика позволяет оценить количество и динамику заявок на патенты в данной области, а также выявить основных игроков на рынке и их стратегии. Основными игроками на рынке биологических клеевых составов являются крупные химические компании, такие как Henkel, 3M, BASF, DuPont и другие. Анализ патентной статистики также позволяет выявить основные направления развития в данной области. Например, среди наиболее популярных тем для заявок на патенты можно выделить разработку новых биополимеров, биоадгезивов и растительных экстрактов, а также исследование их свойств и применение в различных отраслях промышленности.

### Список литературы

1. Дубовицкий, В. С. Статистическое исследование патентной активности / В. С. Дубовицкий, И. И. Фролов, А. А. Пасько // Скиф. Вопросы студенческой науки. – 2017. – № 9(9). – С. 231 – 240.
2. Pizzi, A. Recent developments in eco-efficient bio-based adhesives for wood bonding: opportunities and issues / A. Pizzi // Journal of adhesion science and technology. – 2006. – V. 20, No. 8. – P. 829 – 846.

*Кафедра «Техника и технологии производства нанопродуктов»  
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

*А. Н. Трунов\**

## МАШИННОЕ ВЫЧИСЛЕНИЕ ВОЗНИКАЮЩИХ СИЛ И МОЩНОСТИ НА ОСНОВЕ ВЫБРАННЫХ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

Вычисление составляющих компонентов процесса резания является одним из основных работ, предпринимаемых инженером-технологом на металлорежущем производстве, и возможность правильно и быстро произвести эти расчеты (или правильно воспользоваться соответствующими программными средствами) отличает квалифицированного в этой области специалиста от других людей. Отталкиваясь от вышеописанного, программа, описывающая полный алгоритм действий при вычислении режимов резания, сможет помочь студентам профильных ВУЗов в понимании методики расчета характеристик процесса резания и выбора станка на основании вычисленной мощности.

Программа, описываемая в данной статье, повторяет расчет режимов резания по [1] с автоматическим вычислением характеристик по указанным формулам и предполагает наличие [1] у пользователя.

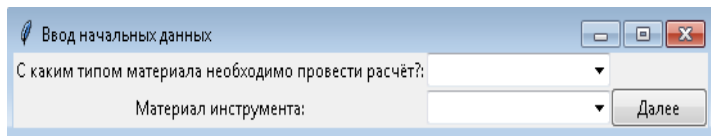
Разработка программы была выполнена на языке Python по причине его доступности и широкого распространения. Для выполнения требуется значительное количество начальных и промежуточных данных, вписываемых (выбираемых) пользователем напрямую.

В первом окне программы требуется выбрать материал инструмента и заготовки (рис. 1).

Далее следует вычисление поправочного коэффициента на скорость резания (рис. 2).

Затем выбор типа операции, исполняемой на станке (рис. 3).

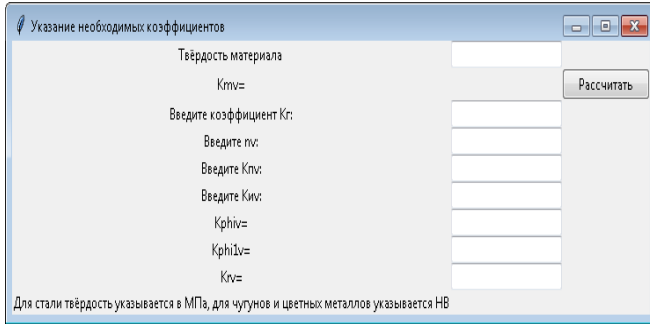
И, наконец, расчет скорости резания с введением всех табличных величин (рис. 4).



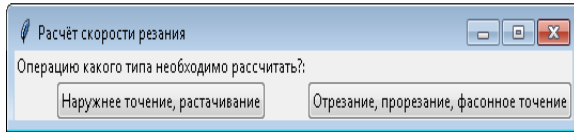
**Рис. 1. Начальное окно программы**

---

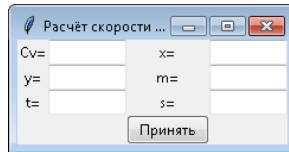
\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора кафедры «КИСМ» ФГБОУ ВО «ТГТУ» М. В. Соколова.



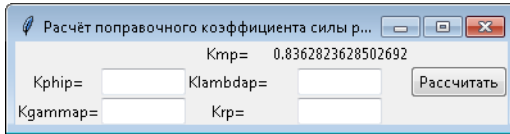
**Рис. 2. Окно «Указание необходимых коэффициентов»**



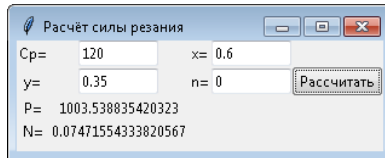
**Рис. 3. Окно «Расчет скорости резания»**



**Рис. 4. Окно «Расчет скорости резания»**



**Рис. 5. Окно с расчетом поправочного коэффициента  $K_p$**



**Рис. 6. Окно с выводом результата**

После этого по тому же принципу рассчитывается сила резания (рис. 5, 6).



В программе для конечного пользователя не описаны используемые формулы. Для устранения этого недочета последние будут незамедлительно описаны ниже:

$$V = \frac{Cv}{T^m t^x s^y} Kv$$

и

$$V = \frac{Cv}{T^m s^y} Kv$$

– для вычисления скорости резания при точении и отрезании соответственно (в окне, изображенном на рис. 4);

$$P_{z, y, x} = 10 \cdot Cpt^x s^y V^n Kp$$

– для вычисления силы резания (рис. 6);

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60}$$

– для вычисления мощности резания (рис. 6).

Все вычисляемые поправочные коэффициенты ( $Kv$ ,  $Kp$ , прим.) вычисляются путем умножения всех их составных частей, последняя буква в названии которых соответствует последней букве коэффициента, частью которого они являются.

Программа была испытана с помощью проверенных и защищенных курсовых работ по основам технологии машиностроения. Точность вычислений составляет в среднем 99,5% от вручную вычисленных значений, что является достаточным не только для выполнения курсовых работ, но и для инженерных вычислений в целом. Программа дает возможность более наглядного обучения студентов бакалавриата направления «Цифровое машиностроение».

### Список литературы

1. Справочник технолога-машиностроителя : в 2-х т. Т. 2 / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1985. – 496 с.
2. Python™ //Python Software Foundation [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.python.org/> (дата обращения: 20.09.2024).
3. tkinter – Python interface to Tcl/Tk – Python 3.12.6 documentation // Python Software Foundation [Электронный ресурс]. – URL : <https://docs.python.org/3/library/tkinter.html> (дата обращения: 28.09.2024).

*Кафедра «Компьютерно-интегрированные системы  
в машиностроении» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

*Я. С. Шубин\**

## **РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ БИБЛИОТЕКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ-ШАБЛОНОВ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ**

Выступая на съезде Федерации независимых профсоюзов России (ФНПР) в апреле 2024 года, Президент России Владимир Владимирович Путин заявил, что «в ближайшие годы экономика России будет испытывать высокую потребность и даже дефицит кадров». В связи с чем «... критически важно повысить производительность труда, модернизировать промышленность, АПК, сферу услуг, многие другие отрасли экономики и социальной сферы с помощью цифровых технологий» [1]. Повышение производительности труда обозначено в стратегии экономической безопасности РФ одной из задач по обеспечению устойчивого роста реального сектора экономики. Весомой составляющей этого процесса, наряду с грамотным управлением, интенсификацией и рационализаторством, является автоматизация и применение новых технологий.

В машиностроении интенсификация, конечно же, тесно связана с применением станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Обработывающие центры – это автоматизация функционала для быстрого и высокоточного производства как простых плоских деталей, так и сложных 3-мерных изделий, штампов и пресс-форм.

Программное управление, т.е. в основе управляющая программа, разработка которой требует труда высококвалифицированного инженера и сложных, зачастую дорогостоящих, программных средств разработки. Работы, направленные на ускорение, повышение качества разработки управляющих программ, являются более чем ценными и актуальными.

Средства создания программ обработки, включающие элементарные операции типа проточек, расточек, карманов, отверстий и пазов уже интегрированы в систему управления станком. Разработка более сложных управляющих программ на современном этапе сводится к работе с 3D-моделью с помощью CAD/CAM/CAE-систем. CAD-

---

\* Работа выполнена под руководством кандидата технических наук, доцента кафедры «КИСМ» ФГБОУ ВО «ТГТУ» А. О. Глебова.

системой создается модель, в модуле САЕ специалист оценивает характеристики продукта на соответствие требованиям, САМ-системой генерируется управляющая программа для станка с ЧПУ. Для новой детали того же типа цикл разработки необходимо осуществлять снова в полном объеме.

Безусловно, при единичном изготовлении эксклюзивной детали необычной формы другой подход трудно себе представить. Но для довольно сложных типовых деталей (любого прямоугольного конического колеса или шлицевого вала, например), достаточно одной программы-шаблона. Задача разработки библиотечным методом сводится к поиску программы-шаблона и изменению входных параметров (рис. 1).

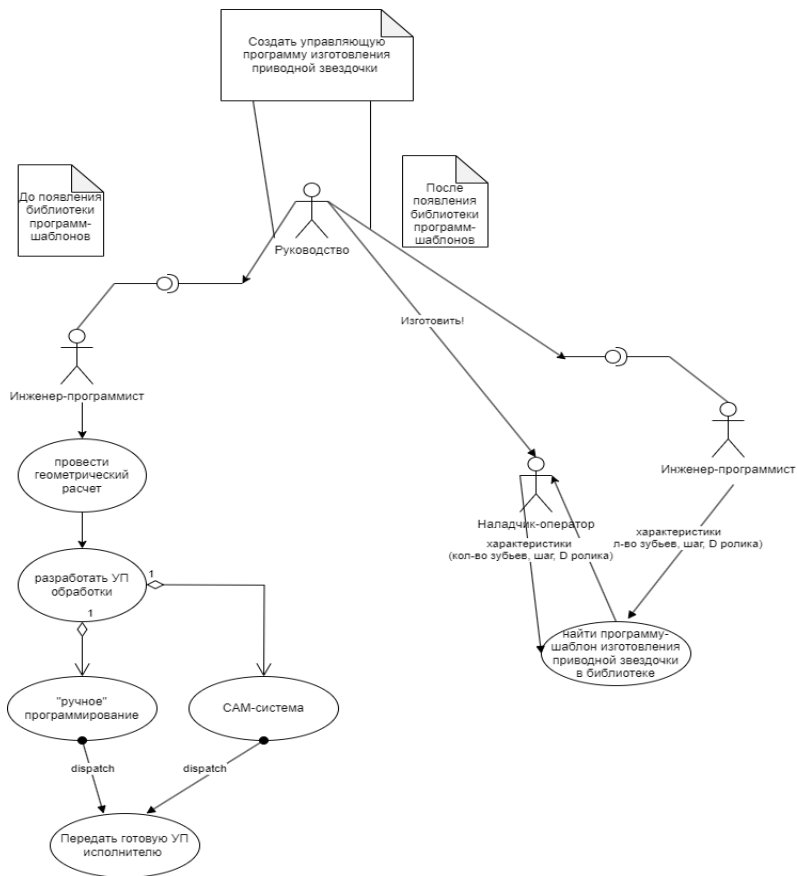


Рис. 1. Традиционный и библиотечный подходы разработки УП

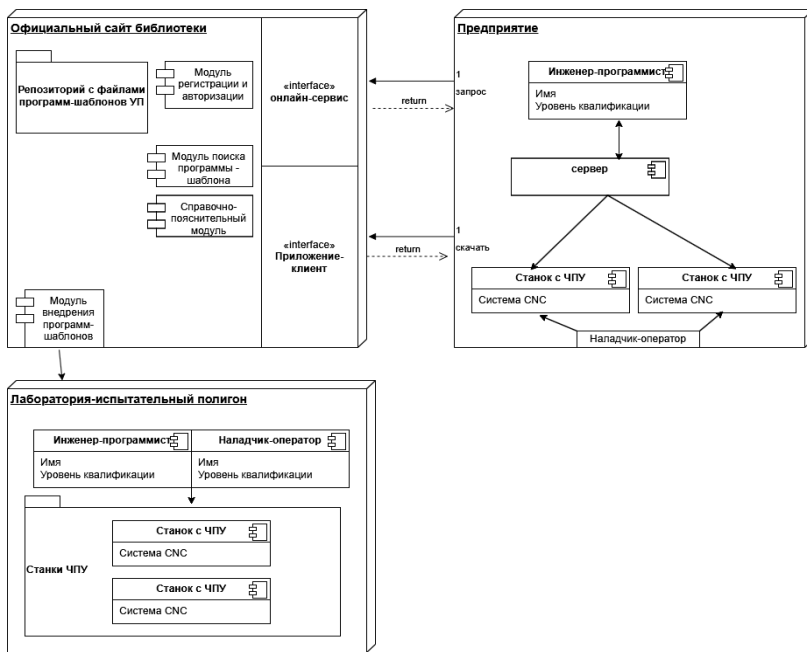
Данный метод разработки управляющей программы для станков с ЧПУ успешно применяется в повседневной работе на участке станков с ЧПУ фрезерной группы HWACHEON VESTA-1000 АО «ТЗ «Октябрь». Процесс внедрения детали в производство (имеющую программу-шаблон), основным этапом которого является создание УП, упрощается и ускоряется многократно. Бесценное время высококвалифицированного сотрудника высвобождается для более творческих и значимых задач (разработки новых программ-шаблонов, например). А «рост производства за счет экономии общественного труда характеризует самый общий признак интенсификации» [2].

Программа-шаблон – решение, применимое везде, где форма обрабатываемой поверхности формализуема. Создание такого вида управляющих программ возможно благодаря тому, что современные системы ЧПУ обладают средствами макропрограммирования, позволяют оперировать переменными величинами, набором арифметических и логических операций. Проработаны шаблоны для таких деталей и элементов как:

- звездочки приводных роликовых цепей ГОСТ 591–69 [3];
- шлицы прямобочные ГОСТ 1139–80;
- шлицы эвольвентные ГОСТ 6033–51;
- шнеки;
- шестерни цилиндрические прямозубые ГОСТ 1643–81;
- шестерни цилиндрические косозубые;
- шестерни конические прямозубые ГОСТ 19624–74;
- шестерни конические с круговыми зубьями ГОСТ 19326–73;
- коническая поверхность;
- сферическая поверхность;
- сопряжения радиусом и фаской.

Для удобного и эффективного использования программ-шаблонов требуется разработка их библиотеки, включающая проработку ее структуры, создание интерфейсов взаимодействия. Рабочий вариант структуры библиотеки представлен на рис. 2.

Предложенное решение задачи разработки управляющих программ для станков с ЧПУ при помощи шаблонов, несомненно, заинтересует машиностроителей. Проект можно развивать, в том числе, и как площадку для обмена мнениями специалистов-технологов. На крупных предприятиях это решение упростит процесс программирования, малым позволит более широко использовать возможности оборудования, ввиду того, что технологи-программисты зачастую им недоступны. В конечном итоге описанный подход внесет вклад в интенсификацию производства.



**Рис. 2. Структура библиотеки управляющих программ-шаблонов**

## Список литературы

1. О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года : Указ Президента РФ от 13 мая 2017 г. № 208.
2. Анчишкин, А. И. Наука, техника, экономика / А. И. Анчишкин. – М. : Экономика, 1986. – С. 38.
3. Система нормативных документов «Меганорм» [Электронный ресурс]. – URL : <https://meganorm.ru/>

*Кафедра «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

*П. В. Чермошенцев\**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ОПЕРАЦИЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «СЕРЬГА» НА СТАДИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА**

Серьги – это элементы соединительных устройств, преобразующих движение, служащие для свободного подвешивания других элементов устройства с отверстиями у концов или с прорезью по длине с конструктивными элементами для шарнирного соединения с сопрягаемыми деталями, сборочными единицами. Они бывают разной конфигурации, но, в зависимости от назначения, могут отличаться формой и размером.

Обрабатываются данные детали на станках, таких как:

- токарные;
- фрезерные;
- сверлильные;
- станки автоматы.

Используемые материалы для них бывают совершенно разные: от обычной стали 45 до специальных. В качестве заготовки используют прутки или другие виды, если позволяет свойство металла.

В данном примере используется сталь мартенситного класса.

Пруток из коррозионно-стойкой жаропрочной стали (мартенситного класса) разрезается на заготовки и идет на обработку.

Базовый техпроцесс одной из таких деталей представлен на (рис. 1.)

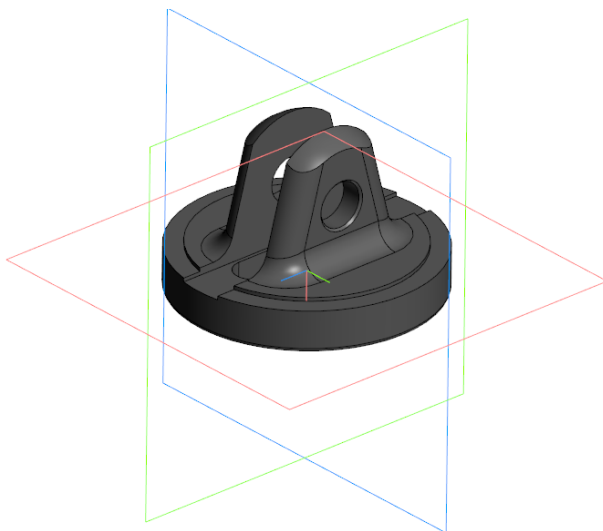
Производятся такие детали по большей части из проката, в дальнейшем обрабатываются на станках, получая нужную форму.

Изначально установ осуществляется на токарном станке для обработки торца детали и ее боковых поверхностей. Затем переворачивают и протачивают ту, за которую будут устанавливать деталь, имеющую заданную шероховатость.

Следующая операция на станке с ЧПУ: точат конус под углом скруглением. Заканчивают обработку конуса фрезерованием со скруглением основания, также с углублением по краям. Центруют боковые части и сверлят отверстие, после чего фрезеруют с фаской отверстие с заданной шероховатостью.

---

\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора кафедры «КИСМ» ФГБОУ ВО «ТГТУ» М. В. Соколова.



**Рис. 1**

Переворачивают деталь в станке и центруют торец, просверливают отверстие для резца, который растачивает внутренний диаметр (рис. 2). Последняя операция – фрезерование внутренних отверстий.



**Рис. 2**

Данный техпроцесс имеет множество недостатков и сложностей формообразования, таких как: фрезерование основания фрезы и скругление вершины «ушек», но можно упростить или улучшить данный технологический процесс новым инструментом и другим способом обработки.

### **Список литературы**

1. Уилкс, М. Составление программ для электронных счетных машин / М. Уилкс, Д. Уилер, С. Гилл ; пер. с англ. Н. П. Жидкова ; под ред. Д. Ю. Панова. – М. : Изд-во иностр. лит., 1953. – 208 с.
2. Вирт, Никлаус. Краткая история Modula и Lilith / Никлаус Вирт // Архивная копия от 20 января 2007 на <https://web.archive.org> // перевод с англ. с комментариями в тексте Р. Богатырева.

*Кафедра «Компьютерно-интегрированные системы  
в машиностроении» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*



*Д. Б. Тургунбоев\**

**ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЦИФРОВОЙ  
ПЛАТФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ, ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ  
И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ  
ОПЕРАТОРОВ СТАНКОВ С ЧПУ**

Оператор станков с программным управлением – это высококвалифицированный специалист, деятельность которого связана с ведением процесса обработки с пульта управления деталей на станках с программным управлением; обслуживанием многоцелевых станков с числовым программным управлением (ЧПУ) и манипуляторов (роботов) для механической подачи заготовок на рабочее место; управлением группой станков с программным управлением; установкой инструмента в инструментальные блоки; подбором и установкой инструментальных блоков с заменой и юстировкой инструмента; наладкой узлов и механизмов в процессе работы и пр.

Профессия оператора станков с программным управлением предполагает наличие следующих знаний: устройство, принципиальные схемы оборудования и взаимодействие механизмов станков с программным управлением, правила их наладки; корректировку режимов резания по результатам работы станка; основы электротехники, электроники, механики, гидравлики, автоматики в пределах выполняемой работы; кинематические схемы обслуживаемых станков; организацию работ при многостаночном обслуживании станков с программным управлением; устройство и правила пользования контрольно-измерительными инструментами и приборами; основные способы подготовки программы; код и правила чтения программы по распечатке и перфоленте; определение неисправности в станках и системе управления; способы установки инструмента в инструментальные блоки; способы установки приспособлений и их регулировки; приемы, обеспечивающие заданную точность изготовления деталей; систему допусков и посадок; качества и параметры шероховатости; правила чтения чертежей обрабатываемых деталей и пр.

Стратегия развития машиностроения в России до 2030 года предполагает широкое внедрение современного высокопроизводи-

---

\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора кафедры «КИСМ» ФГБОУ ВО «ТГТУ» М. В. Соколова.

тельного оборудования с ЧПУ, в том числе, российского производства с целью обеспечения высокой производительности машиностроительного производства при неизменно высоком качестве продукции. Внедрение высокопроизводительного оборудования с ЧПУ, увеличение объемов выпуска продукции, расширение номенклатуры выпускаемых изделий актуализирует проблему кадрового обеспечения машиностроительного производства.

Подготовка, переподготовка и повышение квалификации рабочих кадров по профессии «Оператор станков с ЧПУ» – одно из важнейших направлений кадрового обеспечения современных машиностроительных предприятий.

В настоящее время машиностроительные предприятия рассматривают два варианта решения проблемы кадрового обеспечения: обучение кадров в образовательных организациях и обучение кадров в условиях предприятия. Многие машиностроительные предприятия Тамбовской области ориентируются на проблемы кадрового обеспечения, создавая собственные учебные центры, отделы технического обучения или организуя подготовку во внешних учебных центрах. [1, 3, 4].

В Тамбовском региональном отделении «СоюзМаш» России состоялась рабочая встреча с представителями АО «ОПК» и АО «Концерн Созвездие». Мероприятие организовано и проведено Тамбовским РО. На встречу были приглашены руководители Тамбовских предприятий: ООО «Востехремим», ООО «Молта», ООО «Волна», ООО «ПО «АГРОТЕХ», ООО «Титан», АО «ТАГАТ» им. С. И. Лившица.

Сергей Сахненко, генеральный директор АО «Объединенная приборостроительная корпорация (управляющей организации холдинга «Росэлектроника», куратор Тамбовского и Томского региональных отделений Союза машиностроителей России) отметил, что сегодня промышленные предприятия страны, решая оперативные задачи, продолжают формирование заделов на будущее, и подчеркнул важную роль в этом процессе Союза машиностроителей. Также он выразил уверенность, что компетенции, которые аккумулируются на базе Союза помогут в подготовке инженерных кадров и повышении престижа технических специальностей.

На встрече обсуждали нехватку операторов станков с ЧПУ, сложность в поиске и обучении. Все предприятия утвердили создание методики использования цифровой платформы в отделе обучения, оценку ее экономической эффективности и стоимости в других центрах обучения, сокращение времени обучения.



Ускорение производства использования высокопроизводительных программ с цифровой платформой позволяет обучать операторов станков с ЧПУ и ускорять изготовление сложных деталей. Время, затрачиваемое отделом практического обучения на обучение операторов станков с ЧПУ и проверку их знаний на разряды, согласно требованиям единого тарифно-квалификационного справочника работ и профессий рабочих (ЕТКС), приводит к созданию эффекта «цифровой платформы» в общем цикле выпуска продукции и финансовым потерям предприятия.

В исследовании на основе профессионального стандарта по профессии «Оператор станков с ЧПУ» предлагается учебно-тематический план повышения квалификации со второго разряда на третий разряд, что позволило сократить срок обучения до 160 часов за счет рациональной компоновки содержания обучения и увеличения доли практических занятий в ходе обучения.

Теоретическое обучение предлагается вести в условиях учебного центра предприятия с привлечением профессиональных преподавателей, а практическое обучение, в том числе лабораторные занятия по наладке станков с ЧПУ и написание управляющих программ, предлагается вести с привлечением специалистов предприятия, как инженерно-технического персонала, так и наставников из рабочих высокой квалификации [1, 2].

Таким образом, организованный на базе предприятия курс повышения квалификации по профессии «Оператор станков с ЧПУ» дает возможность изучить технологические возможности современного оборудования, особенности управления им, способствует профессиональному развитию обучаемых, увеличивает их конкурентоспособность, позволяет быстро и качественно вести обучение с привязкой к специфике предприятия и обеспечивает сохранение рабочих мест на предприятии.

Практическое изучение технологии работы станков с ЧПУ нашло широкое применение в различных отраслях производственной деятельности, вместе с ростом знаний операторов, совершенствованием цифровой платформы и доступностью технологии для операторов, уже имеющихся решений и подходов адаптации и интеграции данных возможностей отделами практического обучения механообрабатывающих и машиностроительных предприятий, серийно выпускающих сложную и точную продукцию.

Обучением и проверкой знаний операторов будет заниматься мастер цеха. В его обязанности будет входить:

1. Преподавание теоретической базы для начинающих операторов.
2. Промежуточный экзамен (то, что усвоил оператор во время теоретического обучения).
3. Обучение практической части (закрепление операторов-новичков за старшими сменами)
4. После практического обучения мастер цеха должен провести аттестацию и принять решение: допускать к основной работе новичка или же предоставить дополнительное обучение.

5. После испытательного срока работы предоставить аттестацию новичку в виде итогового экзамена на разряд.

**ВАЖНО!** Мастер цеха не должен забывать про промежуточные аттестации у операторов (а, именно, знания как теории, так и практики).

Цель работы: существенно сократить время обучения операторов, чтобы они быстрее приступили к работе непосредственно на станках; поддержка знаний как теоретических, так и практических у опытных операторов; уменьшить проценты аварийных ситуаций на рабочем месте (авария за станком и соблюдение мер безопасности).

Необходимо внедрить в обучение теоретическую базу на цифровой носитель.

Для создания цифровой платформы для обучения запланированы следующие шаги:

1. Определить цели и задачи.
2. Сбор информации из всех заинтересованных подразделений.
3. Написание технического задания, исходя из основной задачи с учетом ее интеграции в единую цифровую экосистему предприятия.
4. Выбрать необходимую информацию для каждого разряда и создать учебник.
5. Создать тест для проверки знаний операторов на каждый разряд.
6. Создать онлайн-сайт, вводить всю необходимую информацию и протестировать ее на практике.
7. Подготовить методику обучения персонала пользованием платформой.
8. Обеспечить необходимые ресурсы, оборудование и разграничение доступа.
9. Внедрить новую цифровую платформу на производстве.
10. Организовать контроль и анализ результатов внедрения.
11. Внести корректировки в платформу при необходимости.

Успешная разработка цифровой платформы требует тщательного планирования, обучения квалифицированного персонала и повышения квалификации [4, 5].

Создание, разработка цифровой платформы для обучения, проверка знаний и повышение квалификации операторов станков с ЧПУ – это возможность повысить эффективность образовательного процесса.

### **Список литературы**

1. Костина, О. В. Формирование рабоче-профессиональных компетенций бакалавров профессионального обучения профилизации «Технологии и оборудование машиностроения» / О. В. Костина //

Инновации в профессиональном и профессионально-педагогическом образовании : материалы 21 Междунар. науч.-практ. конф. – 2016. – С. 165 – 167.

2. Костина, О. В. Критерии оценки уровня сформированности профессионально-специализированных компетенций бакалавров профессионального обучения / О. В. Костина // Духовно-нравственные ценности и профессиональные компетенции рабочей и учащейся молодежи : сб. науч. тр. VIII Междунар. науч.-практ. конф. – 2014. – С. 113 – 118.

3. Miroshin, D. G. Distance training of students with the application of the case method / D. G. Miroshin, O. V. Kostina // Образование: традиции и инновации : материалы V Междунар. науч.-практ. конф. – 2014. – С. 319 – 321.

4. Цифровое машиностроение [Электронный ресурс, мультимедиа] : учебное пособие / М. Н. Краснянский, В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов, М. В. Соколов и др. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2023 – 267 с.

5. Цифровое машиностроение : учебное пособие / М. Н. Краснянский, В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов, М. В. Соколов и др. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2024. – 266 с.

*Кафедра «Компьютерно-интегрированные системы  
в машиностроении» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

*О. В. Пойманова\**

## **ПРИМЕНЕНИЕ 3D-СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ**

Изготовление изделий из металла по готовым чертежам заказчика требует тщательного планирования и выполнения всех стадий производственного процесса. Одним из важнейших этапов производственного процесса является выбор режущего инструмента и определение параметров резания при обработке с ЧПУ. Режущие инструменты – это прецизионные инструменты, предназначенные для выполнения конкретных операций обработки (токарная обработка, фрезерование, сверление, растачивание, шлифование и т.д.) [1]. Контроль состояния режущего инструмента является важной задачей при работе станков с ЧПУ. Чрезмерный износ режущего инструмента создает следующие дефекты обработки деталей на станках с ЧПУ:

- повышенное трение и нагрев детали и инструмента из-за наличия «плоской» режущей кромки;
- значительные отклонения от заданных размеров обрабатываемых деталей, и, как следствие, рост количества бракованной продукции;
- снижение качества обработки поверхности изготавливаемых деталей – появление царапин, неровностей и т.д. [2].

Несвоевременный и недолжный контроль за режущим инструментом может привести к увеличению производственных затрат на приобретение нового инструмента, а это увеличивает стоимость и время производства и, как следствие, срыв срока сдачи изделий заказчику. В связи с этим контроль износа инструмента при обработке с ЧПУ является актуальной задачей.

Существуют методы активного контроля состояния режущего инструмента: прямые (радиоактивный, оптический, пневматический, электромеханический, ультразвуковой) и косвенные [1].

Вместе с тем, существуют высокоточные методы контроля геометрических размеров, например, 3D-сканирование [3].

---

\* Работа выполнена под руководством кандидата технических наук, доцента ФГБОУ ВО «ТГТУ» С. В. Карпова.

Перспективность этого метода объясняется высокой точностью, скоростью и детализацией объекта. Например, современные оптические сканеры имеют точность сканирования в автоматическом и стационарном режимах около 0,05 мм на 1 снимок и разрешение – 0,25 мм. При использовании оборудования метрологического класса, например, 3D-сканера RangeVision Pro 2, точность возрастает до 0,02 мм.

Рассмотрим алгоритм 3D-сканирования на примере метчика M10x1,5 P6M5 ГОСТ 3266-81 при помощи сканера EinScan Pro 2X Plus.

1. Материал объекта сталь, имеет глянцевую поверхность, поэтому для устранения бликов предварительно наносили матирующий спрей.

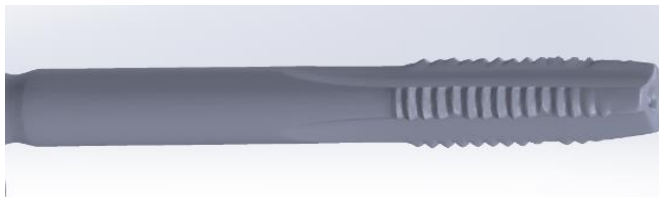
2. Проводили 3D-сканирование нового режущего инструмента в стационарном режиме с поворотным столом. Полученное облако точек преобразуется в полигональную модель на основе треугольной сетки, которая впоследствии подвергается процедурам оптимизации (сглаживание), упрощения (уменьшение числа полигонов) и редактирования (заполнение полостей стеки).

На рисунке 1 представлена полученная полигональная модель метчика.

Анализ цифровой копии метчика, проведенный в системе автоматизированного проектирования SolidWorks, позволяет сделать вывод, что образец соответствует номинальным значениям, указанным в ГОСТ 16925–93 «Метчики. Допуски на изготовление резьбовой части».

3. Далее модель была сохранена в формате stl в электронной библиотеке 3D-объектов.

4. Впоследствии данная модель будет использована для анализа интенсивности износа режущего инструмента путем повторного сканирования использованного метчика.



**Рис. 1.** Полученная полигональная модель метчика M10x1,5 P6M5



Таким образом, можно сделать вывод, что 3D-сканирование целесообразно применять для оперативного высокоточного контроля геометрических размеров режущего инструмента. Это позволяет повысить скорость контроля, а также оценить динамику износа инструмента и обеспечить поддержку принятия решений о целесообразности его дальнейшего использования. Последующее развитие этого метода позволит повысить нормативные показатели качества и значительно улучшить эффективность производства [4].

### Список литературы

1. Фельдштейн, Е. Э. Режущий инструмент и оснастка станков с ЧПУ : учебник / Е. Э. Фельдштейн. – 2-е изд. перераб. и доп. – Минск : Высшая школа, 1998. – С.189.

2. Ковеня, В. М. Методы и средства контроля состояния режущего инструмента / В. М. Ковеня, В. В. Шевченко // Новые направления развития приборостроения : сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 15 – 17 апреля 2020 г.). – Минск, 2020. – С. 13 – 15.

3. Иванов, В. С. Разработка инновационных методов контроля и измерения геометрических параметров режущих инструментов / В. С. Иванов // Техника и технология современных производств : сб. тр. IV Всерос. науч.-практ. конф. – Пенза : Пензенский государственный аграрный университет, 2023. – С. 155 – 158.

4. Эффективность цифровых инструментов проектирования технологической оснастки для изготовления узлов и деталей козловых кранов / Т. Д. Порядина и др. // Вестник Вологод. гос. ун-та. Технические науки. – 2021. – № 1 – С. 122 – 126.

*Кафедра «Компьютерно-интегрированные системы  
в машиностроении» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

УДК 579.66

*А. А. Козеняшева, В. С. Трунилина, В. А. Нестерова\**

### РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА НАСТОЙКИ БИОЖЕНЬШЕНЯ

В настоящее время одним из перспективных направлений биотехнологии является использование растущих в культуре растительных клеток для синтеза различных органических веществ – ферментов, пигментов, ароматических соединений, в том числе, вторичных метаболитов, таких как алкалоиды и фенольные соединения. В качестве исходного материала могут использоваться культуры клеток около ста видов растений, таких как женьшень, раувольфия змеиная, наперстянка шерстистая и пурпурная, диоскорея дельтовидная, паслен дольчатый, агава и др. Особенно активно применяют в качестве перерабатываемого сырья клеточную биомассу женьшеня [1].

Женьшень является источником важных биологически активных веществ – гинсенозидов, витаминов группы В, С и пользуется популярностью в различных отраслях промышленности:

– фармацевтической, для изготовления препаратов, позволяющих проводить лечение гипертонии, диабета, болезней сердца, а также укрепления центральной нервной системы;

– косметической, вытяжки из натурального корня и биоженьшеня применяют как компонент увлажняющих сывороток, очищающих средств и эссенций, кремов для лица, рук;

– пищевой, включение женьшеня в состав рецептуры различных продуктов питания – тонизирующих напитков и соков, а также хлебо-булочных и кондитерских изделий, ликеро-водочной продукции [2].

На данный момент почти 80 тыс. тон сырья поступает на переработку в виде корней, выращенных плантационным способом в течение 4 – 6 лет, что составляет 80% от всего сырья, идущего на переработку.

Оставшиеся 20% приходятся на сбор дикорастущего женьшеня и на каллусную ткань биоженьшеня, выращенную в лабораторных условиях *in vitro*.

---

\* Работа выполнена под руководством кандидата технических наук, доцента ФГБОУ ВО «ТГТУ» О. В. Зюзиной.

Культивирование клеток биоженъшеня *in vitro* является наиболее перспективным методом на сегодняшний день. Данным методом решается ряд экономических, экологических и технологических задач:

- продуктивность культивируемых клеток каллуса *in vitro* значительно превышает продуктивность целых растений.
- выращиваются экологически чистые культуры, не связанные с загрязнением окружающей среды, почвы и пестицидов.
- выращивание производится круглый год, что позволяет не только восполнить нехватку корней женьшеня, но и уменьшить длительность получения женьшеня как сырья до 40 дней.

Химический состав каллусной ткани биоженъшеня практически идентичен по составу с корнем женьшеня, и также в значительных количествах содержит белковые вещества – до 18%, крахмал 5...15%, пектиновые вещества 5...10%. В сырье обнаружены моносахариды – глюкоза, фруктоза и др., сахароза 1...4%, липиды, стерины, витамины группы В, С и А, а также гинсенозиды двух групп – протопанаксадиолы, содержание которых составляет 2,79%, и протопанаксатриолы – 0,84% [3]. В таблице 1 приведено содержание витаминов в корне плантационного женьшеня и каллусе биоженъшеня.

Сравнительный анализ природного корня и биомассы женьшеня показал их идентичность с органолептическими свойствами, а также по химическому и биохимическому составу, что позволяет рекомендовать биомассу женьшеня для получения из нее препаратов.

### 1. Содержание витаминов

Тип витамина	Содержание в корне женьшеня	Содержание в каллусной ткани
Тиамин (В <sub>1</sub> )	0,16 мг/100 г	0,21 мг/100 г
Рибофлавин (В <sub>2</sub> )	0,50 мг/100 г	0,50 мг/100 г
Аскорбиновая кислота (С)	6 мг/100 г	12 мг/100 г
Никотиновая кислота (В <sub>3</sub> )	1,0 мг/100 г	1,4 мг/100 г
Пантотеновая кислота (В <sub>5</sub> )	0,66 мг/100 г	0,82 мг/100 г
Биотин (В <sub>7</sub> )	0,92 мкг/100 г	0,88 мкг/100 г
Фолиевая кислота (В <sub>9</sub> )	40...67 мг/ г	50...89 мг/ г
Цианокобаламин (В <sub>12</sub> )	0,4...0,6 мг/ г	0,45...0,74 мг/ г

В биомассе женьшеня почти в два раза больше, чем в естественном корне, присутствуют микро- и макроэлементы, что связано с их добавлением в питательную среду. В таблице 2 представлен химический анализ биомассы культуры ткани и корня женьшеня.

Производство биоженшеня с помощью каллусных тканей предполагает провести ряд технологических приемов для получения целевого продукта.

Целевой продукт как источник важных биологически активных веществ применяется преимущественно в экстрактивной форме в виде водной вытяжки или спиртовой настойки.

Выбрав параметры, условия (температура, освещенность, влажность) культивирования, подобные идеальным условиям, можно создать благоприятные условия для быстрого роста каллусной ткани, тем самым снизив время, затрачиваемое на выращивание женьшеня [4]. В таблице 3 показана концентрация БАВ – гинсенозидов в клетках каллуса.

## 2. Химический анализ биомассы культуры ткани и корня женьшеня

Состав	Дикорастущий женьшень	Плантационный женьшень	Биоженшень
Азот общий	2,73 мг/100 г	2,96 мг/100 г	4,112 мг/100 г
Азот белковый	1,68 мг/100 г	1,69 мг/100 г	1,18 мг/100 г
Протопанаксадиолы	7,86 мг/100 г	9,16 мг/100 г	9,96 мг/100 г
Протопанаксатриолы	1,96 мг/100 г	2,76 мг/100 г	2,98 мг/100 г
Липиды	2,34 мг/100 г	2,56 мг/100 г	1,61 мг/100 г
Сахароза	1,03 мг/100 г	2,73 мг/100 г	3,07 мг/100 г
Восстанавливающие сахара	–	0,93 мг/100 г	2,28 мг/100 г
Крахмал	19,5 мг/100 г	17,9 мг/100 г	5,40 мг/100 г
Пектиновые вещества	16,8 мг/100 г	15,35 мг/100 г	7,57 мг/100 г
Гемицеллюлоза	6,03 мг/100 г	6,36 мг/100 г	4,46 мг/100 г
Биотин	0,92 мг/100 г	0,96 мг/100 г	1,53 мг/100 г
Целлюлоза	10,27 мг/100 г	10,09 мг/100 г	9,84 мг/100 г
Тиамин	0,16 мг/100 г	0,18 мг/100 г	0,21 мг/100 г

### 3. Концентрация гинсенозидов штаммов *Panax ginseng* С. А. Мей

Штамм	Время культивирования, сут.	Концентрация гинсенозидов, мг/100 г
Pg-1	20	8,9
ИФР Ж-2	20	1,2
ВСКК-ВР № 49	20	7,1

Следующая стадия после накопления биомассы – стадия сублимационной – сушки позволяет эффективно разрушить клеточные стенки за счет проведения двух этапов сушки: замораживание при  $-30...-35$  °С и обезвоживание при  $20...25$  °С до конечной влажности 5% за 18 – 20 часов. Данный способ позволяет сохранить в максимальном количестве все необходимые биологически активные вещества для получения целевого продукта.

Экстрагирование проводится при использовании экстрагента – 20% водно-спиртового раствора под температурой  $87...90$  °С в течение 1,5 – 2 часа, где извлечение гинсенозидов и других биологически активных веществ составляет – 78% (массовое содержание от общего количества действующих веществ).

Проведен анализ информационных источников по сырью, технологии производства биоженшена, выбран штамм каллусной ткани женшена Pg-1. Разработана технология производства настойки биоженшена, включающая в себя стадии: накопления биомассы, сублимационной сушки и экстрагирования.

#### Список литературы

1. Baeg, I.-H. The world ginseng market and the ginseng (Korea) / I.-H. Baeg, S.-H. So. – J Ginseng Res, 2013.
2. Журавлев, Н. Ю. Женшень Приморья. Ресурсы и организация воспроизводства. / Ю. Н. Журавлев, В. В. Гапонов, П. В. Фоменко. – Владивосток : Изд-во «Апельсин», 2003. – 48 с.
3. Im, D.-s. Yin and Yang of ginseng pharmacology: ginsenosides vs gintonin. / D.-s. Im, S.-y. Nah. – Acta Pharmacol Sin, 2013.
4. Мурашкина, И. А. Использование культуры клеток растений в биотехнологии лекарственных средств : учебное пособие. / И. А. Мурашкина, И. Б. Васильев, В. В. Гордеева – ИГМУ, 2015. – 83 с.

*Кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

## **ПРИМЕНЕНИЕ СЛУХОВЫХ АППАРАТОВ ВОЗДУШНОЙ ПРОВОДИМОСТИ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ПАТОЛОГИЙ СЛУХА У СОБАК**

Причиной возникновения глухоты у собаки может быть перенесенная ушная инфекция или же наследственность. Статистические данные показывают, что для «белых» пород склонность к глухоте является довольно распространенным явлением. Породы, у которых наиболее часто встречаются врожденные аномалии слуха (по данным ветеринарной организации «ЗООВЕТ» от 2022 года) представлены в табл. 1 [1].

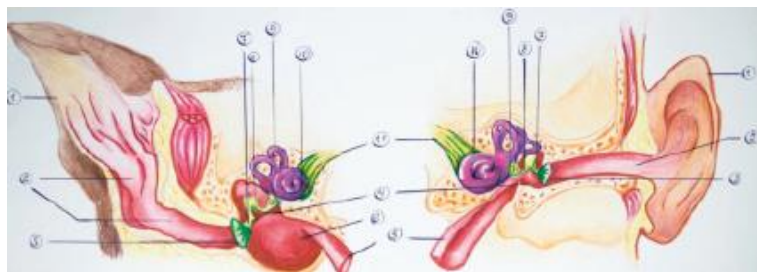
Наличие аномалии слуха у животного несет в себе ряд проблем как для самой собаки, так и для ее хозяина. В первую очередь стоит отметить тот факт, что частичное или полное нарушение слуха приводит к необходимости для собаки постоянно находиться в ожидании угрозы, что, в свою очередь, ведет к существенному повышению уровня агрессии к окружающим.

Также важно отметить и очевидные сложности, которые возникают в процессе дрессировки животного и ежедневного взаимодействия. На данный момент единственным решением, которое предлагается профессиональными кинологами, является общение с собакой через жестовые команды. Однако, такой формат накладывает ограничения в виде необходимости постоянного зрительного контакта с питомцем [2].

### **1. Процент щенков с врожденной аномалией слуха**

Порода	Процент «дефективных» щенков в помете
Далматинец	15%
Бультерьер	11,5%
Английский кокер спаниель	12%

\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Биомедицинская техника» ФГБОУ ВО «ГПТУ» С. В. Фролова.



**Рис. 1. Аналитическое сравнение анатомического строения слухового аппарата человека и собаки:**

- 1 – ушная раковина; 2 – наружный слуховой проход;  
 3 – барабанная перепонка; 4 – барабанная полость; 5 – евстахиева труба;  
 6 – барабанный пузырь; 7 – молоточек; 8 – наковальня;  
 9 – стремя; 10 – улитка; 11 – слуховой нерв

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод о необходимости разработки методики частичного или полного восстановления слуха у собаки посредством применения различных технических средств.

Одним из вариантов решения обозначенной проблемы является применение слуховых аппаратов воздушной проводимости. Возможность применения такой методики обусловлена схожестью строения уха собаки и человека (рис. 1).

В конце 1980-х годов доктор Патрисия Латтген создала первый прототип, прикрепив человеческий слуховой аппарат к ошейнику собаки. С тех пор слуховые аппараты для собак значительно эволюционировали. Современным пионером в области слуховых аппаратов для собак является FETCHLAB, лаборатория слуха и биоакустики животных в Университете Цинциннати. В настоящее время устройства все еще находятся на стадии тестирования, поскольку их сложно производить, и они могут быть непомерно дорогими для покупки [3].

Важным отличием, которое имеется у органа слуха собаки, является диапазон частот, которое может воспринимать ухо. Так, человеческое ухо способно воспринимать частоты от 20 Гц до 20 кГц. В это же время среднестатистическая собака воспринимает частоты до 45 кГц. Соответственно, применимость стандартного слухового аппарата является невозможной.

Решить данную проблему предполагается комбинацией нескольких различных методик. В первую очередь, разрабатываемый слуховой аппарат необходимо оснастить более чувствительным микрофоном, который сможет корректно воспринимать ультразвуковые частоты.

Помимо этого, потребуется существенная переработка системы обработки звука. В частности, необходимо полностью переработать применяемые при первичной обработке полосовые фильтры, которые в стандартном слуховом аппарате полностью отсекают из спектра воспринимаемого сигнала частоты, которые ухо человека не в состоянии воспринять.

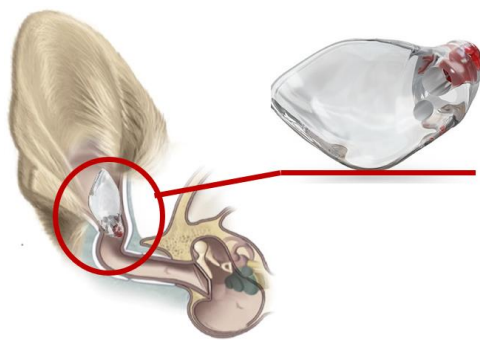
Также изменению необходимо подвергнуть алгоритм программной обработки цифрового сигнала, принимаемого после прохождения полосового фильтра. На данном этапе важно обеспечить корректное устранение шумов в ультразвуковом спектре.

Оптимальным решением для работы устройства является диапазон частот от 16 Гц до 35 кГц. Определен он исходя из нескольких ключевых критериев. В первую очередь, корректная обработка сигнала в указанном диапазоне позволяет восстанавливать для животного всю необходимую для полноценного ориентирования информацию, что позволит полностью вернуть собаку к нормальной жизни.

Кроме того, использование более широкого диапазона потребует применения значительно более дорогостоящих активных элементов устройства, которые будут способны в чистом виде воспринять и воспроизвести звуковые сигналы на частотах свыше 35 кГц.

Еще одной проблемой, которую необходимо решить для создания возможности использования такого устройства на постоянной основе, является разработка нового метода закрепления в слуховом канале.

Предлагается использовать конструкцию на основе силиконового вкладыша (рис. 2), который будет фиксироваться неинвазивным методом на внутренней поверхности уха и позволит исключить любые выступающие части, за которые собака сможет зацепиться в течение дня, что позволит обеспечить надежную фиксацию на длительной дистанции.



**Рис. 2. Вариант фиксации слухового аппарата в ухе собаки**



Выбранный формат устройства подразумевает периодическое снятие для чистки ушной раковины, что позволит обеспечить высокий уровень гигиены. Возможность быстрого изъятия устройства из уха также позволит провести перенастройку рабочих параметров при изменении особенностей слуха животного. Кроме того, для установки аппарата не потребуется хирургическое вмешательство, что положительно сказывается как на простоте установки, так и на оперативности адаптации животного к инородному элементу.

Однако, важно понимать, что применение представленного технического решения целесообразно только в случае частичной потери слуха у животного. Связано это с принципом действия устройства, построенном на считывании звуковых сигналов и дальнейшей трансляции в слуховой канал с увеличением громкости. Таким образом, при полной глухоте необходимый эффект не будет достигнут, так как слуховой канал не в состоянии воспринимать звуки любой громкости вне зависимости от их частоты [4].

### **Список литературы**

1. Белкин, С. Н. Программы реабилитации для слабослышащих животных / С. Н. Белкин. – Санкт-Петербург : СпецЛит, 2020. – 189 с.
2. Камиль, Т. Уход за слабослышащими собаками / Т. Камиль. – Новосибирск : СибВет, 2021. – 145 с.
3. Кузнецова, О. Б. Современные слуховые аппараты для животных / О. Б. Кузнецова. – М. : Медицина, 2020. – 205 с.
4. Тимофеев, В. Г. Применение слуховых аппаратов у животных / В. Г. Тимофеев. – М. : Академкнига, 2021. – 210 с.

*Кафедра «Биомедицинская техника» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

*В. С. Трунилина, В. А. Нестерова,  
А. А. Козеняшева, М. С. Темнов\**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УТИЛИЗАЦИИ ПОСЛЕСПИРТОВОЙ БАРДЫ ПУТЕМ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА НЕЙ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ *CHLORELLA VULGARIS***

В процессе производства этанола образуется послеспиртовая барда, которая при сбросе в стоки вызывает загрязнение окружающей среды. В то же время, барда обладает известной питательной и кормовой ценностью, поскольку именно в барде остается значительная часть витаминов, катионов и анионов минеральных солей, а также небольшим количестве аминокислот, органических кислот после того, как крахмалистые и сахаристые компоненты переработаны на этанол [1]. В связи с этим возможно использование послеспиртовой барды в биотехнологических производствах, в качестве основы питательной среды при культивировании фотосинтетических миксотрофных микроорганизмов, которые в процессе жизнедеятельности нуждаются в минеральных солях, витаминах и небольшом количестве органических веществ.

Одним из продуктов, который потенциально может быть произведен биотехнологическими методами с применением микроводорослей и послеспиртовой барды, является биоудобрение. Биоудобрение на основе микроводорослей представляет собой суспензию, содержащую живые микроорганизмы, которые при нанесении на семена, поверхности растений или почву синтезируют фитогормоны и другие полезные вещества (аминокислоты, углеводы, пептидные соединения), стимулируя рост сельскохозяйственных культур [2].

В связи с этим, целью данного исследования являлось изучение процесса утилизации послеспиртовой барды путем культивирования на ней микроводоросли *Chlorella vulgaris Beijer IPPAS C-1* с применением полученной суспензии в качестве биоудобрения.

В исследовании был использован штамм *Chlorella vulgaris Beijer IPPAS C-1*, полученный в Институте физиологии растений им. Тимирязева РАН.

---

\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВО «ТГТУ» Д. С. Дворецкого.

Культивирование микроводорослей проводили на двух средах: питательная среда, основой которой является послеспиртовая барда (барда:вода – 50:50%) и среда Тамийя (100%) в качестве контроля. Уровень pH приготовленных питательных сред составлял 6,35. Процесс проводили при следующих фиксированных условиях:

- 1) посевной материал концентрацией 9,7 млн кл/мл составлял 10% от общего объема суспензии;
- 2) температура культивирования поддерживалась на уровне  $30 \pm 1$  °С;
- 3) освещенность составляла ФАР =  $125 \pm 0,1$  мкмоль фотонов/(м<sup>2</sup> с);
- 4) во всех экспериментах суспензия барботировалась газовой смесью с содержанием углекислого газа 0,03% и расходом  $3 \pm 0,5$  л/мин.

Культивирование осуществлялось в течение 6 суток до стационарной фазы роста. Каждые сутки осуществлялся подсчет клеток в суспензии методом прямого подсчета в камере Горяева и измерялся уровень pH.

Культура микроводорослей, выращенная на послеспиртовой барде, применялась в качестве биоудобрения для сельскохозяйственной тест-культуры томатов сорта «Детская сладость» (фирма Русский вкус Гавриш). В эксперименте использовался универсальный грунт фирмы «Родная земля», в который на 0 и 14 сутки вносились следующие виды биоудобрений объемом 30 мл:

- 1) суспензия микроводорослей, выращенная на послеспиртовой барде, отбор которой осуществлялся на 2 сутки;
- 2) суспензия микроводорослей, выращенная на послеспиртовой барде, отобранная на 6 сутки;
- 3) суспензия микроводорослей, выращенная на среде Тамийя (отбор 2 сутки);
- 4) суспензия микроводорослей, выращенная на среде Тамийя (отбор 6 сутки);
- 5) простерилизованная в течение 5 минут при 105 °С чистая барда;
- 6) положительный контроль – минеральное удобрение «Секрет урожая» (содержание доступных для растений питательных элементов (%): органическое вещество – 80; азот – 6; фосфор – 6; калий – 2; магний – 2; сера – 4; железа – 0,1; марганец – 0,05; бор – 0,01; медь – 0,01; цинк – 0,01; гуминовые вещества – 3,0);
- 7) отрицательный контроль – дистиллированная вода.

Семена, используемые в эксперименте, были предварительно проверены на всхожесть. Посев культуры томата осуществлялся в пластиковые стаканчики объемом 200 мл. В каждый стаканчик был внесен заранее подготовленный грунт в количестве 170 г. Для тестирования одного вида биоудобрения проводилось на 7 параллельно выращиваемых образцах томата. Таким образом, для тестирования всех 7 видов биоудобрения понадобилось 49 образцов тест-культуры. В заранее подготовленный грунт были внесены все виды биоудобрения, затем проводился посев семян томата, после чего образцы помещались в парник. После всхода образца, он помещался на подоконник, средний уровень освещенности на котором в мае – июне в солнечный день составляет 440...625 мкмоль фотонов/(м<sup>2</sup> с). По мере высыхания почвы в нее вносилась обычная вода для увлажнения почвы 15 мл (один раз в 4 дня). В течение всего эксперимента каждые 10 суток производился замер длины ростков и количество листьев.

Результаты эксперимента, представленные в таблице 1, показали, что максимальный процент всхожести томатов 100% у положительно-го контроля, а также 71% наблюдается при использовании в качестве биоудобрения суспензии микроводорослей совместно с послеспиртовой бардой на 6 сутки.

### 1. Процент всхожести томатов

Образец	1	2	3	4	5	6	7	Процент всхожести %
Суспензия (6 сутки)	-	+	-	-	-	-	-	14
Дистиллированная вода	+	+	-	-	-	-	-	27
Барда	-	-	+	-	-	-	-	14
Суспензия (2 сутки)	+	+	-	+	+	-	-	57
Удобрение	+	+	+	+	+	+	+	100
Суспензия/барда (2 сутки)	-	+	-	-	-	-	+	27
Суспензия/барда (6 сутки)	+	+	+	-	+	-	+	71

Наибольшая средняя высота рассады наблюдалась у образцов, для стимулирования роста которых в качестве биоудобрения использовались: 1) суспензия микроводорослей (6 сутки) – 19,5 см; 2) суспензия микроводорослей, выращенная на питательной среде, основой которой являлась послеспиртовая барда (6 сутки) – 18,9 см (рис. 1).

Максимальное количество листьев на 30 сутки культивирования наблюдалось у образцов, для стимулирования роста которых в качестве биоудобрения использовались: 1) суспензия микроводорослей (6 сутки) – 22 шт.; 2) суспензия микроводорослей, выращенная на питательной среде основой которой являлась послеспиртовая барда (6 сутки) – 20 шт. (рис. 2).



Рис. 1. Динамика роста высоты рассады томатов



Рис. 2. Динамика роста количества листьев образцов томатов

По результатам эксперимента можно сделать вывод о том, что перспективно в качестве биоудобрения использовать суспензию микроводорослей, выращенную на питательной среде, основой которой является послеспиртовая барда (6 суток), так как в стационарной фазе роста накапливается достаточно большое количество метаболитов микроводорослей (в частности индолил-3-укусусная кислота), которые являются фактором роста для семян томатов.

### **Список литературы**

1. Крючков, М. М. Влияние барды – отхода спиртозаводов на урожайность сельскохозяйственных культур и пастбища / М. М. Крючков, О. В. Ушаков, Е. Н. Закабунина // Гл. агроном. – 2011. – № 6. – С. 7 – 10.
2. Торшина, А. В. Применение фильтрата спиртовой барды в качестве альтернативного удобрения при выращивании саженцев яблони / А. В. Торшина, А. С. Гурин // Гл. агроном. – 2011. – № 7. – С. 33–34.

*Кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

УДК 664.663.9

*И. М. Ковальчук, Д. А. Попова, С. И. Данилина\**

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОБОВЫХ КУЛЬТУР В ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЯХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ БЕЛКА**

Принятые «Основы государственной политики РФ в области здорового питания до 2020 г.», а также Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации предусматривают расширение ассортимента функциональных, диетических хлебобулочных изделий, изделий для детского и геродиетического питания.

Перспективным направлением является применение в хлебопечении муки некоторых ранее мало применявшихся культур ячменя, овса, кукурузы; отходов мукомольно-крупяной промышленности; тонкоизмельченных отрубей. Введение в рецептуру зерновых добавок позволяет обогатить хлеб балластными веществами, витаминами, минеральным комплексом [1].

Использование в хлебопекарном производстве нетрадиционного сырья определяет необходимость оценки его химического состава, физиологической эффективности в составе хлеба; выяснения взаимосвязи с другими компонентами теста с целью разработки эффективной технологии их использования, создания новых видов изделий с целенаправленными свойствами [1].

Плоды и семена бобовых культур объединяют две особенности. Содержание белков в семенах бобовых в два-три раза больше, чем в хлебных злаках, к тому же они биологически более полноценны и могут частично заменять более дорогой животный белок.

В хлебопечении используют муку гороховую сортовую для приготовления хлебобулочных и мучных кондитерских изделий повышенной пищевой и биологической ценности. Гороховая мука значи-

---

\* Работа выполнена под руководством кандидата технических наук, доцента кафедры «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВО «ТГТУ» П. М. Смолихиной.

тельно богаче пшеничной муки витаминами (Е, пантотеновой кислотой, В1), макро- и микроэлементами (калием, кальцием, железом, цинком), аминокислотами (лизином, треонином). Разработаны технологии получения из гороховой муки белковых концентратов и изолятов, которые рекомендуются в качестве белковых обогатителей при производстве хлебулочных изделий повышенной биологической ценности.

Гороховая мука содержит 25...30% белковых веществ, отличающихся полноценным аминокислотным составом. В ней содержится больше важнейших незаменимых аминокислот, чем в пшеничной муке: лизина – в 8,5 раз, валина – в 3 раза, триптофана – в 2 раза. По аминокислотному составу белки гороховой муки близки к белкам мяса и молока. В ней содержится 16,8% водорастворимых веществ, 7,1% собственных сахаров, кислотность этой муки 12...14°.

Из-за невысокой стоимости и богатого химического состава гороховую муку целесообразно использовать в качестве дешевого источника полноценного растительного белка. Для обеспечения соотношения белков и углеводов в хлебе близкого к оптимальному, гороховую муку следует добавлять 20...25% к массе пшеничной муки.

Без ущерба для качества хлеба гороховую муку можно добавлять 2...3% к массе пшеничной муки. При добавлении ее в больших количествах ухудшаются структурно-механические свойства теста и качество хлеба [1]. С целью снижения степени отрицательного влияния белков гороха на качество хлеба рекомендуют использовать различные технологические приемы, которые позволяют улучшить структурно-механические показатели мякиша.

Результаты исследования качества и количества клейковины комбинированной смеси, включающей муку из гороха, показали, что в контрольном образце из муки высшего сорта содержание клейковины составляло 27,5%. При внесении гороховой муки в количестве от 5...25% к массе пшеничной муки количество сырой клейковины уменьшалось на 0,57...6,64%. Полученные изменения были достоверны,  $p < 0,1$  [4].

Результаты эксперимента свидетельствуют, что внесение гороховой муки в количестве 5...10% к массе пшеничной муки слегка снижает содержание клейковинных белков в общей массе; при внесении 20...25% муки из гороха наблюдается еще более значительное снижение, что связано с изменением белкового состава, так как гороховая мука не содержит фракций, способных образовывать клейковину. В опытных образцах растяжимость клейковины снижалась с 20 до 13 см, что обусловлено теми же причинами [4].



В экспериментальной работе [4] проанализировано влияние добавления муки из исследуемых бобовых культур на расплываемость шарика теста. Полученные данные показали, что при увеличении в пищевой системе концентрации муки из бобовых культур расплываемость шарика теста снижается. Это обусловлено снижением растяжимости клейковины полученных композитных смесей.

Авторами решено использовать гороховую муку в качестве белковой добавки в хлебобулочное изделие из пшеничной муки. В результате пробных выпечек выявлено, что, действительно, структурно-механические показатели сильно ухудшаются. В планируемом готовом изделии норма белка должна быть не менее 8 г, поэтому расход гороховой муки не менее 30% от общего количества пшеничной. При выпечке опытных образцов отмечена высокая плотность теста, плохой подъем теста. Готовые изделия затяжистые и жесткие.

Для совершенствования технологического процесса и, как результат, улучшения качества хлеба, приготовленного из муки разного хлебопекарного достоинства, использовали ферментный препарат bioBakeBPN (бактериальная протеаза), активность 120000 NPU ед/г в дозировке 1 и 3 г на 100 кг муки.

Отмечено сокращение продолжительности брожения теста, время расстойки с 80 до 40 мин, но при этом увеличилась влажность и липкость теста, особенно при дозировке фермента 5 г/100 кг муки, незначительно повысилась кислотность.

Выпеченный хлеб получился с интенсивно окрашенной светлорычей корочкой, без подрывов и трещин, тонкостенной равномерной пористостью, хорошей эластичностью, приятным ароматом и вкусом, легким оттенком гороха.

На следующем этапе планируется определение биологической ценности полученного хлеба и расчет аминокислотного сора незаменимых аминокислот.

### Список литературы

1. Дробот, В. И. Использование нетрадиционного сырья в хлебопекарной промышленности / В. И. Дробот. – Киев : Урожай, 1994. – 152 с.
2. Перспективы применения зернобобовых в инновационных технологиях функциональных продуктов питания / Н. С. Родионова, И. П. Щетилина, К. Г. Короткова и др. // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2020. – № 82(3). – С. 153 – 163.

3. О возможности применения муки из фасоли и гороха в хлебопечении / И. М. Русина, А. Ф. Макаричиков, Т. П. Троцкая и др. // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2012. – № 4(18). – С. 22 – 27.

4. Куценкова, В. С. Изучение свойств хлебобулочных изделий с добавлением горохового пищевого волокна / В. С. Куценкова, Н. М. Птичкина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 8(50). – URL : <https://research-journal.org/archive/8-50-2016-august/52738>.

5. Шелепина, Н. В. Использование продуктов переработки зерна гороха в пищевых технологиях / Н. В. Шелепина // Известия Вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2016. – Т. 6, № 4. – С. 110 – 118.

*Кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

*Д. Д. Вяткина, Н. Ю. Куликова,  
Д. А. Сивова, Н. В. Шумкина\**

## **ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗРЕЛОСТИ СЫРОВ**

Изготовление полутвердых сыров предусматривает важный этап созревания сырной массы как комплекса микробиологических и биохимических изменений, приводящих к образованию характерных потребительских свойств продукта. Согласно действующим нормативным документам, в этот технологический период формируются определенные органолептические показатели сыра – вкус, запах, консистенция, которая должна быть плотной, умеренно эластичной, однородной по всей массе. Поэтому длительность созревания обуславливает характерные признаки сыра и степень зрелости продукта, величину которой можно количественно определять, используя метод Кьельдаля, метод М. И. Шиловича и уровню кислотности [1].

Значение кислотности полутвердого сыра по ГОСТ 32892–2014 отражает течение биохимических процессов с участием вводимых в молоко ферментов и ферментов микрофлоры заквасочной культуры. Известно, что по мере созревания сыра в результате протеолиза меняется его белковый состав и снижается буферная емкость и значение активной кислотности рН. Для различных видов сыров на момент достижения сыром кондиционной зрелости характерна своя величина буферной емкости. При изготовлении сыра контроль технологического этапа созревания предусматривает отслеживание динамики изменения активной кислотности, которая снижается с постоянной скоростью. Величину рН, отражающую концентрацию ионов водорода, определяют, измеряя напряжение между электродами, для полутвердых сыров величина рН колеблется 5,4...5,6.

Также используется метод определения титруемой кислотности молока и молочных продуктов в соответствии ГОСТ 3624–92. Метод основан на нейтрализации кислот, содержащихся в продукте, раствором гидроксида натрия в присутствии раствора индикатора фенолфта-

---

\* Работа выполнена под руководством кандидата технических наук, доцента ФГБОУ ВО «ТГТУ» О. В. Зюзиной.

леина. Титрование позволяет определить буферную емкость сыра, которая зависит от концентрации фосфатов, цитратов, углекислого газа.

Для определения степени зрелости сыра рекомендуется метод, основанный на измерении буферной емкости сыра, предложенный М. К. Шиловичем. Согласно методике анализа буферной емкости водорастворимой фракции сыра, измеряется количество щелочи, которое изменяет рН водной суспензии сыра на единицу. Объем щелочи определяется в процессе титрования водного раствора суспензии сыра в присутствии двух индикаторов – фенолфталеина и тимолфталеина, отличающихся друг от друга интервалами перехода окраски на одну единицу рН. Разница в объемах щелочи, пошедшей на титрование в присутствии тимолфталеина и в присутствии фенолфталеина, умножается на коэффициент 100. Получаемая величина является показателем зрелости сыра в условных единицах – «градусах».

Степень зрелости сыра также отражают результаты определения в нем белков методом Кьельдаля, которые представляют собой отношение водорастворимого белка к общему белку, выраженному в процентах [2].

В производстве полутвердого сыра кальята не требуется созревание, он является технологическим сыром для выработки продуктов группы «Паста Филата», таких как моцарелла, сулугини, проволоне. Так же кальята используется для специализированных пищевых продуктов сегмента «бизнеса для другого бизнеса» и имеет высокий спрос на предприятиях общественного питания.

Кальяту, согласно ТУ 10.51.40-480-37676459-2018, вырабатывают из цельного или нормализованного пастеризованного молока с помощью коагуляции молокосвертывающими ферментными препаратами с добавлением молочнокислых микроорганизмов с последующим удалением сыворотки, с проведением или без проведения процесса чеддеризации сырной массы с добавлением или без добавления соли, и упаковывают в герметичную упаковку. Важным показателем качества для данного сыра является способность к растягиванию при нагревании, степень которого зависит от кислотности продукта.

Для оценивания функциональных свойств кальяты определяли ряд показателей: кислотность по ГОСТ 3624-92 (Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности), степень зрелости по методу М. И. Шиловича, рН, а также цвет продукта. В таблице приведены результаты анализа кальяты в разное время после изготовления сыра.

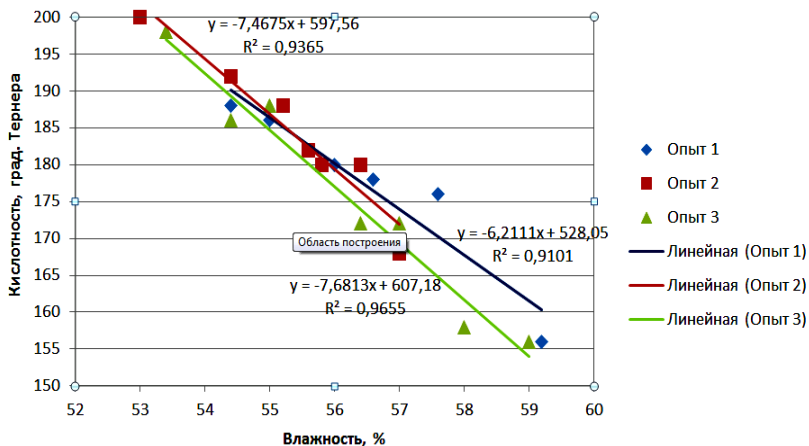
## 1. Показатели некоторых характеристик образцов кальяты

Показатель	Свежеприготовленный продукт	Суточный продукт	Продукт, 30 суток хранения
pH	5,64...5,67	5,5...5,57	5,4...5,43
кислотность, град	140...150	180...190	240...260
степень зрелости, град	10	20	40...50
цвет сыра	белый	белый	стекловидный

Данные таблицы имеют закономерности изменения показателей состояния сыра кальяты, характерные для биохимических физико-химических трансформаций составных частей сырной массы. Снижение активной кислотности во время выдержки сыра связано с протеканием гомоферментативного молочнокислого брожения, возбудителем которого выступают активные кислотообразователи – микроорганизмы закваски *Streptococcus thermophilus*. Особенно заметно количественное нарастание кислоты по значениям титруемой кислотности, в сравнении с величиной pH, которая изменяется не резко из-за буферных свойств белков и продуктов их гидролиза. Кроме того, кислую реакцию дают и белки, и аминокислоты, образующиеся при гидролизе белка. Степень созревания сыра после тридцатисуточного хранения в условиях холодильной камеры, не имеет высокого значения, как это присуще полутвердым сырам, выдерживаемым в теплых камерах при температуре от 15 до 20 °С при относительной влажности воздушной среды 85...88%. Изменения белков, жиров в критичных условиях в кальяте, а также состояние свободной влаги, которая перераспределяется между соединениями сырной массы, приводят к переходу цвета от белого к «стекловидному». Консистенция сыра также меняется – пластичная, упругая характерна для свежеприготовленного сыра, становится после хранения плотной, прочной.

Анализ образцов кальяты, изготовленных в производственных условиях, показал наличие зависимости между содержанием свободной влаги и величиной кислотности (рис. 1).

В отобранных образцах сыра, изготовленных в летние месяцы, по результатам выполненных лабораторных исследований, установлена линейная зависимость между кислотностью и влажностью сыра.



**Рис. 1. Зависимость кислотности сыра кальяты от массовой доли влаги**

В диапазоне влажности 53...54% кислотность массы сыра имела значения более высокие, чем при значениях 58...59%. Можно предположить, что наблюдается эффект разбавления образующейся при молочнокислом брожении молочной кислоты в большем объеме свободной влаги.

### Список литературы

1. Лепилкина, О. В. Методические аспекты определения зрелости сыров / О. В. Лепилкина // Молочнохозяйственный вестник. – 2019. – № 3. – С. 109 – 117.
2. Лепилкина, О. В. Оценка зрелости сыра при подборе сырья для плавленых сыров / О. В. Лепилкина, А. И. Григорьева // Сыроделие и маслоделие. – 2023. – № 3. – С. 26 – 28.

*Кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВО «ПГУ»*

УДК 66.087

*Д. Д. Коновалов, Д. Н. Коновалов\**

**МОДЕРНИЗАЦИЯ БАРОМЕМБРАННОГО АППАРАТА  
ТРУБЧАТОГО ТИПА УЛУЧШЕНИЕМ  
ТУРБУЛИЗАЦИИ ПОТОКА**

Очистка и разделение технологических растворов и сточных вод машиностроительных, химических и других предприятий является необходимой завершающей стадией основного технологического процесса производства той или иной продукции. В сточных водах содержится достаточно большое количество ценных компонентов, которые можно было бы и нужно возвращать в основной цикл. При этом очищенная вода используется в качестве технической воды и также возвращается в основной технологический процесс.

Высокоэффективными методами разделения являются мембранные и электромембранные, для осуществления которых применяются аппараты различных типов и конструктивного исполнения [1 – 3].

За прототип разрабатываемой конструкции выбран аппарат из патента [4]. Разрабатываемый баромембранный аппарат трубчатого типа (рис. 1) состоит из цилиндрического корпуса 1 с ответными фланцами, в котором установлены с обеих сторон втулки 2, имеющие отверстия для установки фильтрующих мембранных элементов 3 с внутренним расположением мембраны, уплотненные за счет резиновых колец 4 и 5, при этом в каждом фильтрующем мембранном элементе 3 по всей его длине расположена турбулизирующая винтовая перегородка 6 с фиксаторами, исключающими ее вращение, через большие прокладки 7 присоединяются камеры в виде конуса 8 и 9 для снижения гидравлического сопротивления при вводе исходного раствора и выводе концентрата с установленными решетками 10 и 11 с раззенкованными с обеих сторон отверстиями и цилиндрическими отверстиями соответственно, снижающими нагрузку на втулку 2 для установки фильтрующих мембранных элементов 3, камеры в виде конуса 8 и 9 для сниже-

---

\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «ГГТУ» С. И. Лазарева.

ния гидравлического сопротивления соединены через малые прокладки 12 с фланцами штуцеров 13 и 14 для ввода исходного раствора и вывода концентрата соответственно, плотное соединение цилиндрического корпуса 1 с штуцером 15 для отвода пермеата, камер в виде конуса 8 и 9 для снижения гидравлического сопротивления, а также фланцев штуцеров 13 и 14 ввода исходного раствора и вывода концентрата соответственно, происходит за счет болтов 16, шайб 17 и гаек 18.

Цилиндрический корпус 1 с ответными фланцами и штуцером 15 для отвода пермеата, камеры в виде конуса 8 и 9 для снижения гидравлического сопротивления, фланцы штуцеров 13 и 14 для ввода исходного раствора и вывода концентрата, решетки 10 и 11 могут быть выполнены из нержавеющей стали. Резиновые кольца 4 и 5 могут быть выполнены в соответствии с ГОСТ 9833–73. Большая и малая прокладки 7 и 12 могут быть выполнены из материала паронита. Втулка 2 для установки мембран может быть выполнена из материала капролон. Турбулизирующая винтовая перегородка 6 с фиксаторами может быть выполнена из ПЭТГ (полиэтилентерефталат-гликоль). В качестве фильтрующих мембранных элементов 3 можно применять трубы типа БТУ05/2.

Баромембранный аппарат работает следующим образом. Исходный раствор под давлением, превышающим осмотическое давление растворенных в нем веществ, поступает в камеру 8 в виде конуса для снижения гидравлического сопротивления через фланец штуцера 12. За счет исполнения камеры 8 в виде конуса раствор под давлением попадает в зону разряжения, т.е. снижения гидравлического сопротивления, при этом скорость потока исходного раствора снижается и поток равномерно направляется в фильтрующие мембранные элементы 3, далее, проходя через решетку 10 с раззенкованными с обеих сторон отверстиями, позволяющими снизить эффект концентрационной поляризации, скорость потока на входе в фильтрующие мембранные элементы 3 возрастает. В каждом фильтрующем мембранном элементе 3 по всей его длине расположена турбулизирующая винтовая перегородка 6 с фиксаторами, исключаяющими ее вращение, поток исходного раствора, проходя по обе стороны турбулизирующей винтовой перегородки 6 закручивается от центра ядра потока к стенкам мембранного элемента 3 по всей его длине, в результате чего также снижается негативное влияние концентрационной поляризации на процесс мембранной очистки или концентрирования. Затем раствор под действием трансмембранного давления разделяется на два потока, один из которых пермеат, отводится через штуцер 15, и концентрат, направляемый далее, проходя через решетку 11 с цилиндрическими отверстиями, в камеру в виде конуса 9 для снижения гидравлического сопротивления, и затем выводится через фланец штуцера 14.



Повышение производительности аппарата, снижение влияния концентрационной поляризации, увеличение скорости потока при входе в мембранные элементы, высокоэффективная турбулизация потока достигается за счет того, что в камерах в виде конуса для снижения гидравлического сопротивления при вводе исходного раствора и выводе концентрата установлены решетки с раззенкованными с обеих сторон отверстиями и цилиндрическими отверстиями соответственно, в каждом фильтрующем мембранном элементе по всей его длине расположена турбулизирующая винтовая перегородка с фиксаторами.

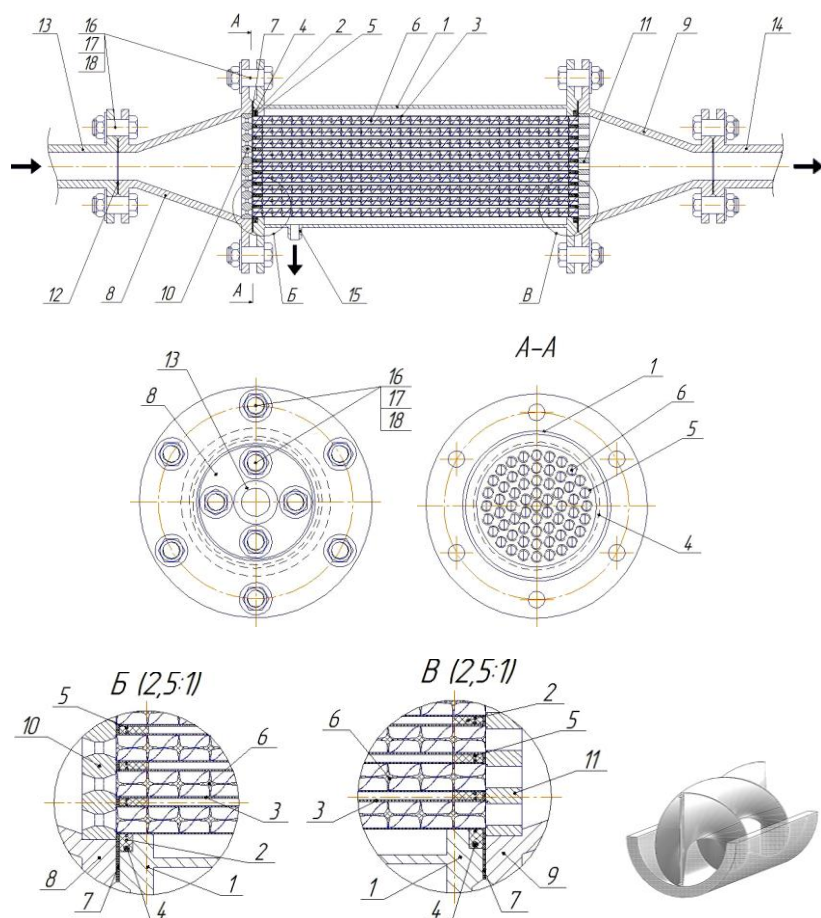


Рис 1. Баромембранный аппарат трубчатого типа с турбулизацией потока

*Работа выполнена в рамках государственного задания, проект № FEMU-2024-0011, по теме исследований «Теоретические и экспериментальные исследования электрокинетических и структурных характеристик полимерных мембран посредством применения искусственных нейронных сетей в процессах электромембранной очистки промышленных растворов, содержащих ионы металлов».*

### **Список литературы**

1. Коновалов, Д. Н. Совершенствование электрохимического мембранного аппарата комбинированного типа для разделения технологических растворов / Д. Н. Коновалов, С. И. Лазарев, М. А. Хребтова // Теоретические и прикладные аспекты электрохимических процессов и защита от коррозии : материалы I Всерос. науч. конф. с международным участием, Казань, 20 – 23 ноября 2023 года. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2024. – С. 52–53.

2. Совершенствование конструкции электронанофильтрационного аппарата для очистки и концентрирования промышленных растворов / Д. Н. Коновалов, С. И. Лазарев, П. М. Малин, Д. Д. Коновалов // Булатовские чтения. – 2024. – Т. 2. – С. 71–72.

3. Промышленный дизайн рулонного электрохимического мембранного аппарата / Д. Н. Коновалов, С. И. Лазарев, Н. В. Шель, Д. Д. Коновалов // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., Тамбов, 24–25 октября 2023 года. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2023. – Вып. 9. – С. 229 – 233.

4. Пат. № 2800283 С2 Российская Федерация, МПК В01Д 63/06. Баромембранный аппарат трубчатого типа с турбулизацией потока / Лазарев С. И., Родионов Д. А., Полушкин Д. Л., Хромова Т. А. ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» ; № 2021133372 ; заявл. 17.11.2021 ; опубл. 19.07.2023.

*Кафедра «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

УДК 0.004.052.32

*Д. О. Ермаков, О. С. Якушов, В. Р. Попенко, Д. М. Овчинников\**

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА И МЕТОДЫ ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**Введение.** В современном мире постоянного технологического развития, бросающего новые вызовы и испытания такие как, появление и массовое использование беспилотных летательных аппаратов, надежная и эффективная работа средств радиоэлектронной борьбы занимает решающее значение для выполнения поставленных боевых задач. Это заставляет нас задуматься о надежности техники и аппаратуры, которая обеспечивается подготовленными профессиональными специалистами и качественным и быстрым технологическим процессом текущего ремонта.

Особое внимание уделяется постоянному совершенствованию операций по поиску неисправностей, так как это наиболее трудоемкий процесс, занимающий 60...80% времени ремонта даже при его выполнении квалифицированными специалистами.

**Технология текущего ремонта.** Технология текущего ремонта – один из процессов ремонта радиоэлектронного оборудования, она состоит из:

- поиск неисправностей (т.е. поиск отказавших элементов или мест повреждений);
- замена или восстановление отказавших элементов, повреждений, монтажа и пр.;
- проведение регулировок;
- проверка работоспособности аппаратуры.

Каждый из упомянутых процессов является взаимосвязанным друг с другом, но в то же время, имеет свою индивидуальность в работе.

---

\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора, преподавателя цикла боевой подготовки специалистов средств РЭБ с наземными системами управления войсками и оружием А. В. Зайцева, Межвидовый центр подготовки и боевого применения войск РЭБ (учебный и испытательный).

Так, например, для качественного выполнения ремонтных работ второй операции необходимы лишь практические навыки ремонтника в выполнении радиомонтажных работ. Третья и четвертая операции производятся по эксплуатационной документации. Стоит отметить, что данная технология в виде определенной последовательности выполнения отдельных операций для существующей аппаратуры заранее не разрабатывается [1].

В технической документации, как правило, приводятся лишь некоторые рекомендации по устранению характерных неисправностей. Время поиска в значительной степени определяется типом и конструктивным выполнением аппаратуры, а также опытом ремонтника. На основе накопленного опыта работы с аппаратурой и знания ее слабых мест ремонтник при поиске неисправностей намечает программу действий.

Эта программа должна включать возможные проверки (испытания, измерения), их очередность и способы проведения. Очевидно, что разработку такой программы каждый раз, как возникает отказ, на основе опыта, а иногда и интуиции, нельзя признать самым целесообразным вариантом технологии текущего ремонта.

Такие программы для каждого типа сложной аппаратуры должны разрабатываться заблаговременно и служить основным документом технологии текущего ремонта.

Разработка программы поиска основывается на использовании определенного метода, который должен указать, какие проводятся проверки аппаратуры при возникновении любого отказа, в какой последовательности, когда проводится анализ полученной при проверке информации и как она влияет на процесс поиска.

Созданием и улучшением таких методов в последние годы занимается отрасль теории надежности, которая получила название технической диагностики.

Большое разнообразие техники не позволяет использовать какой-либо универсальный метод разработки программ, пригодных для всех типов аппаратуры. В зависимости от схемного и конструктивного построения аппаратуры может оказаться предпочтительным тот или иной метод или их комбинации.

**Методы поиска неисправностей.** В технической диагностике разработаны и детально исследованы три основных метода поиска неисправностей:

1. Метод последовательных поэлементных проверок.
2. Метод групповых проверок.
3. Комбинационный метод.

Метод последовательных поэлементных проверок включает в себя работу мастера, ремонтирующего аппаратуру, проверяющего состояние каждого элемента в отдельности. Если проверяемый элемент исправен, проверяется в указанной последовательности следующий. Проверка продолжается до тех пор, пока не будет обнаружен неисправный элемент. После замены или восстановления элемента проводится проверка функционирования системы. Если работоспособность восстановлена в основном режиме, проверяется функционирование в остальных режимах.

В случае если замена (восстановление) элемента не приводит к восстановлению работоспособности системы, поиск продолжается путем проверки следующих элементов в указанной очередности.

Проверка продолжается до тех пор, пока не будет восстановлена работоспособность системы во всех режимах. Так как функциональные связи между элементами не влияют на последовательность проверок и проверяются все без исключения элементы, то метод приемлем при любой структуре аппаратуры. Однако при большом числе элементов в системе поиск связан с большими затратами времени на проверку их состояния. Кроме того, в электронных схемах проверка отдельных элементов возможна только при их отключении от схемы, это во многих случаях связано с трудоемкими и сложными технологическими операциями разборки и распайки.

Метод групповых проверок состоит в последовательном испытании на исправность не одного, а группы элементов. После определения группы элементов, в которой находится неисправный, группа разбивается на подгруппы и определяется подгруппа, содержащая неисправный элемент. Таким образом, проводится последовательная серия испытаний путем разбивки на более мелкие подгруппы, что позволяет локализовать неисправный узел, модуль или даже отдельный элемент. При этом методе каждое последующее испытание зависит от результата предыдущего, поэтому программу поиска можно назвать гибкой.

Заключительный, комбинационный метод, при котором производится измерение определенного набора электрических параметров системы. Результат измерения каждого параметра оценивается по двойной системе: «в норме (1)» или «не в норме (0)» [2]. В зависимости от комбинации единиц и нулей всего оцениваемого набора контролируемых параметров однозначно определяется неисправный элемент системы. Этим обусловлено и наименование метода «комбинационный». Различные комбинации параметров, находящихся «в норме» и «не в норме» можно выразить числами в двойной системе исчисления. Порядок измерений параметров может быть любым,

поэтому программа поиска является произвольной. Анализ результатов производится после окончания измерения.

Применение комбинационного метода дает хорошие результаты при поиске неисправностей в аппаратуре с разветвленной структурой, составные части которой принимают участие в образовании различных по назначению сигналов.

При разработке программ поиска неисправностей для сложной аппаратуры могут использоваться все рассмотренные методы. Определение неисправного блока и узла целесообразно производить применением комбинационного или группового метода, а определение модуля или элемента – методом поэлементных проверок.

Применение любого метода поиска неисправностей основывается на проверках (испытаниях) или измерениях в целях определения состояния составных частей аппаратуры. Измерения проводятся как с помощью встроенных в аппаратуру приборов, так и с помощью переносных измерительных приборов. Проверка состояния элементов, модулей, узлов проводится различными способами.

**Заключение.** Применение того или иного метода поиска неисправностей и способа проверки неисправности элементов аппаратуры зависит от конкретного типа аппаратуры и условий проведения ремонта. Однако в любом случае при разработке технологии текущего ремонта необходимо стремиться к сокращению времени поиска неисправностей, т.е. необходимо изыскивать оптимальные программы поиска.

### Список литературы

1. Учебно-методическая разработка по учебной дисциплине «Основы эксплуатации средств РЭБ». – Тамбов.
2. Учебно-методическая разработка по учебной дисциплине «Техническая эксплуатация средств радиоэлектронного подавления в соединениях, воинских частях и подразделениях РЭБ». – Тамбов. – 10 с.

*Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ  
(учебный и испытательный)*

*И. П. Медведев, Д. В. Помещиков,  
К. В. Сметанин, К. С. Четырина\**

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЦИФРОВАЯ АНТЕННАЯ РЕШЕТКА ДЛЯ СЕТЕЙ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ 6G**

В настоящее время количество передаваемой информации растет большими темпами, исходя из этого необходимы достаточно эффективные каналы передачи информации. К таким каналам можно отнести системы беспроводной широкополосной связи. Это системы мобильной связи, системы технологий WI-FI 6, WI-FI 7, а также системы спутниковой связи. В нынешнее время большее распространение получили технологии беспроводной мобильной связи, что имеют в себе технологии искусственного интеллекта, технологий больших данных, беспилотного транспорта. Для всего вышеперечисленного необходима возможность передачи больших потоков информации с должной скоростью. С целью решения такой задачи требуются высокоэффективные стандарты связи, к которым можно отнести стандарт связи 6-го поколения, который работает в миллиметровом и субмиллиметровом диапазоне и обеспечивает скорость передачи данных до 200...300 Гбит.

Эффективность таких систем складывается из эффективности самой антенны, а также модуля приема и передачи. В реализации стандарта связи 6G используются такие технологии, как: MU MIMO и Beamforming и ряд других технологий, которые позволяют достаточно эффективно использовать ширину канала, а также обеспечивать необходимую скорость передачи данных. Исходя из этого, для таких систем необходимо использовать высокоэффективные антенные комплексы или системы, которые обеспечивают возможность реализации вышеперечисленных технологий, а также предоставляют возможность для пространственно-ориентированного управления лучом диаграммы направленности.

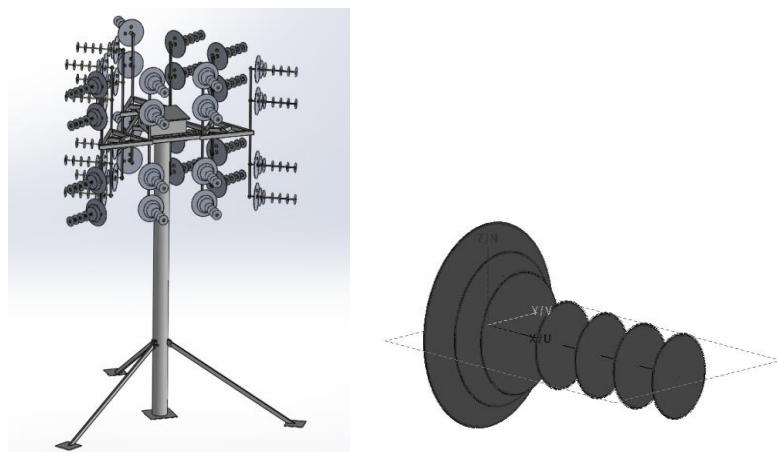
В качестве такой антенной системы можно предложить антенну в виде цилиндрической антенной решетки на базе ребристой стержневых излучателей, которая позволит работать в диапазоне стан-

---

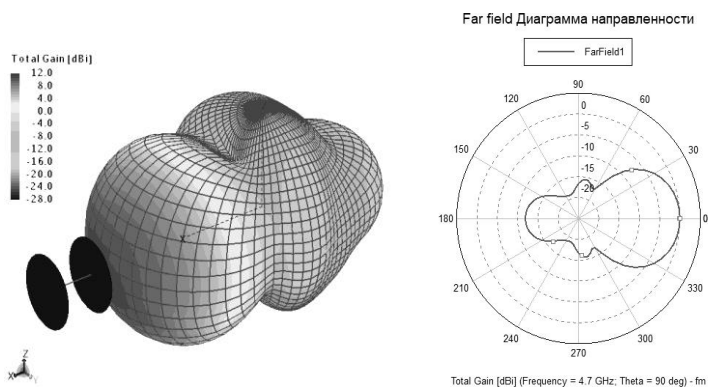
\* Работа выполнена под руководством кандидата технических наук, доцента ФГБОУ ВО «ТГТУ» О. А. Белоусова.

дартга 6G. Ожидается, что сеть 6-го поколения будет работать в частотном диапазоне от 100 до 300 ГГц, что обеспечит более высокую пропускную способность и скорость передачи данных [1, 2].

На основе вышеописанной цилиндрической антенной решетки на базе ребристо-стержневых излучателей, проведена симуляция работы излучателя на частоте 4.7 ГГц для получения электродинамических характеристик [3 – 5].

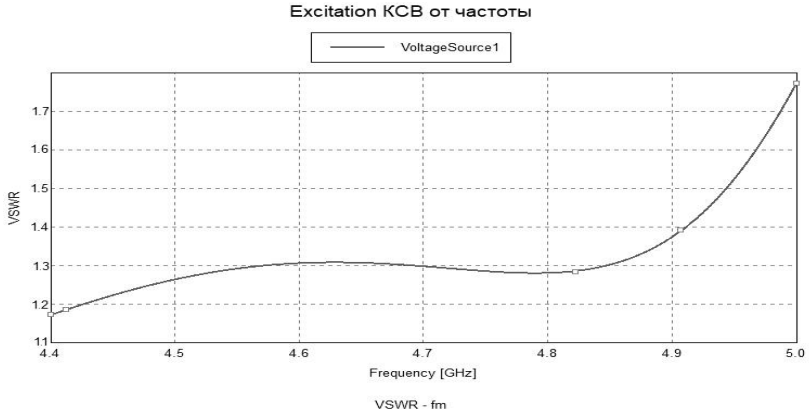


**Рис. 1. 3D-модель SMART антенны для сетей беспроводного высокоскоростного доступа 6-го поколения (а); 3D-модель антенного излучателя (б)**

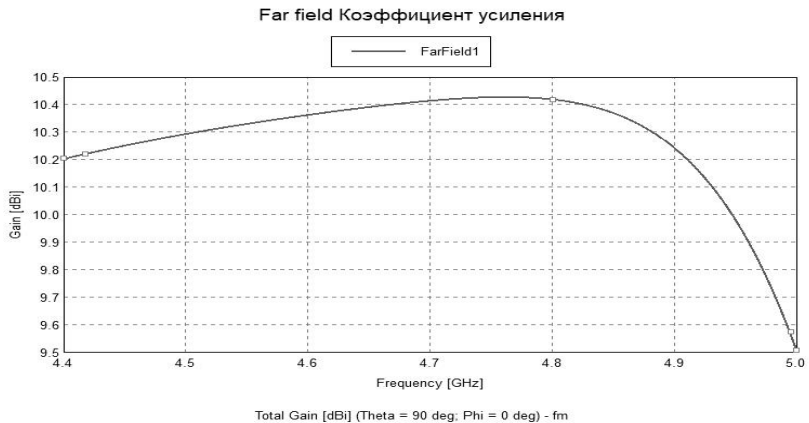


**Рис. 2. 3D-диаграмма направленности излучателя (а); диаграмма направленности излучателя в полярной системе координат (б)**





**Рис. 3. Зависимость коэффициента стоячей волны излучателя от частоты**



**Рис. 4. Зависимость коэффициента усиления излучателя от частоты**

Полученные результаты показывают, что данный тип излучения обладает электродинамическими характеристиками, где коэффициент стоячей волны излучателя на всем диапазоне частот не превышает значения 2, диаграмма направленности имеет низкий уровень боковых всплесков. Так же антенна обладает высоким коэффициентом усиления на всем рабочем диапазоне частот.

В заключение стоит сказать о том, что применение такого типа антенной решетки на базовых станциях 6G позволит в полном объеме реализовать технологию MU MIMO на основе того, что излучатели могут работать на кросполяризации в дополнение к тому, что и сама

антенная решетка также имеет возможность работать на кроссполяризации. А также за счет цифрового диаграммообразования, т.е. применения технологий искусственного интеллекта в качестве нейросетевых алгоритмов, которые позволят в реальном времени осуществлять пространственно-ориентированное управление диаграммой направленности, что является одной из особенностей технологии Beamforming. Все вышеперечисленное позволит обеспечить необходимые скорости передачи информации в реальном времени.

### Список литературы

1. Хансен, Р. С. Фазированные антенные решетки / Р. С. Хансен. – М. : Техносфера, 2012.

2. Воскресенский, Д. И. Активные фазированные антенные решетки / Д. И. Воскресенский, А. И. Канащенков. – М. : Радиотехника, 2004.

3. Синтез цилиндрической фазированной антенной решетки на основе логопериодических вибраторных антенн для систем широкополосного доступа стандарта IEEE802.11, IEEE802.16 / О. А. Белоусов, Р. Ю. Курносков, П. А. Горшков, А. Г. Рязанова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 266 – 272. – DOI : 10.17277/vestnik.2015.02.pp.266-272

4. Курносков, Р. Ю. Особенности построения высокоскоростного канала радиосвязи в диапазоне 37...40 ГГц / Р. Ю. Курносков, П. И. Карелин, А. А. Тришаков // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : Четвертая Всерос. молодеж. науч. конф., посвященная дню радио, Тамбов, 6–7 мая 2019 года – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019. – С. 169 – 171.

5. Синтез цилиндрической фазированной антенной решетки на основе логопериодических вибраторных антенн для систем широкополосного доступа стандарта IEEE802.11, IEEE802.16 / О. А. Белоусов, Р. Ю. Курносков, П. А. Горшков, А. Г. Рязанова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 266 – 272. – DOI : 10.17277/vestnik.2015.02.pp.266-272.

*Кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

*П. В. Чернов, А. А. Тришаков, С. К. Казьмин,  
М. А. Фомин, В. В. Черпасов\**

## **АНТЕННАЯ РЕШЕТКА НАЗЕМНОЙ СТАНЦИИ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ «ЭКСПРЕСС-РВ»**

В настоящее время достаточно эффективно развиваются спутниковые системы связи, в том числе спутниковые системы отечественного производства для решения задач обеспечения покрытия дальних территорий, территорий Крайнего Севера, Северного Морского Пути и так далее. Одним из таких проектов является проект «Сфера», и одна из его составляющих – проект спутниковой группировки «Экспресс-РВ». Особенность данных космических аппаратов заключается в их расположении на высокой эллиптической орбите, что позволяет обеспечить покрытие практически всей территории РФ, в том числе зоны Крайнего Севера, Арктики, Северного Морского Пути и обеспечить необходимую связь и навигацию на этих территориях [1].

Для эффективной работы таких систем необходимо использовать спутниковые терминалы, которые обеспечивают беспоисковое установление канала радиосвязи. Это может быть достигнуто за счет применения высокоэффективных адаптивных антенных решеток.

В качестве такой антенной системы желательно рассматривать антенные решетки с цифровым диаграммообразованием, которое позволяет в реальном времени эффективно управлять лучом диаграммы направленности антенной решетки, обеспечить необходимый коэффициент усиления и организовывать беспоисковое установление связи непосредственно с космическим ретранслятором группировки спутников «Экспресс-РВ» [2].

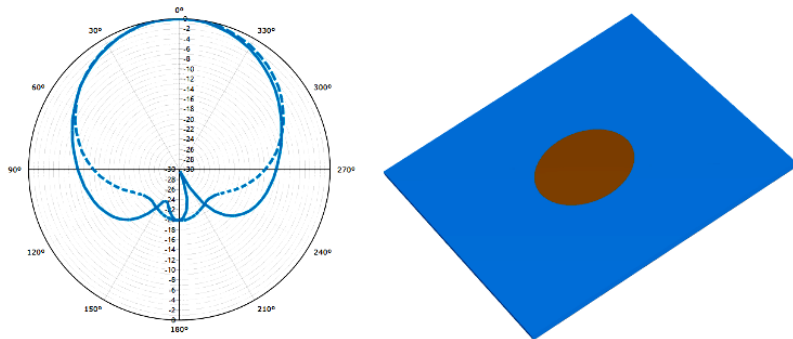
В связи с тем, что такие терминалы, как правило, должны иметь мобильное исполнение, то тут предъявляется ряд требований, связанных с массогабаритными показателями. Поэтому цифровая антенная решетка будет представлять собой единый комплекс, который будет сочетать и приемопередающие узлы спутникового терминала и саму антенную решетку.

---

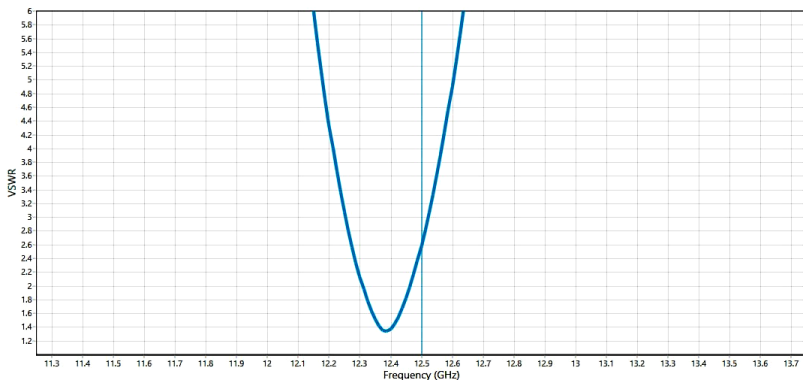
\* Работа выполнена под руководством кандидата технических наук, доцента ФГБОУ ВО «ТГТУ» О. А. Белоусова.

В качестве антенной решетки рассматривается решетка, выполненная из микрополосковых дисковых излучателей. Спутниковая группировка «Экспресс-РВ» работает в диапазоне от 10 до 15 ГГц, но downlink и uplink для стационарных систем спутниковой службы и систем подвижной службы отличается, и для систем подвижной службы диапазон равен 12,4 ГГц.

Электродинамические характеристики микрополоскового дискового излучателя, рассчитанного на диапазон 12,4 ГГц: коэффициент усиления равен 6,662 дБи, коэффициент стоячей волны равен 1,34, ширина луча более 3 дБ ниже пикового уровня равна 76,12 град. в плоскости  $\theta$ , и 82,02 град. в плоскости  $\phi$ . Диаграмма направленности (ДН) и 3D-модель излучателя показана на рис. 1.



**Рис. 1.** ДН (слева) и 3D-модель дискового микрополоскового излучателя



**Рис. 2.** Коэффициент стоячей волны микрополоскового излучателя

Также, в результате расчетов были получены размеры излучателя: диаметр пластины излучателя 7,1 мм, толщина подложки 356 мкм, в качестве материала подложки был выбран пластик марки RO4835, обладающий диэлектрической проницаемостью, равной 3,66 Ф/м.

Данный тип излучателей достаточно эффективно подходит для построения плоской антенной решетки в составе спутникового терминала [3].

Для обеспечения необходимого коэффициента усиления, ширины диаграммы направленности, а также возможности управления качением луча будет использоваться плоская эквидистантная адаптивная цифровая антенная решетка, размерностью 7×7. Диаграмма направленности цифровой антенной решетки представляет из себя:

$$f(\theta, \phi) = f_c(\theta, \phi)f_{\text{ЕИ}}(\theta, \phi),$$

где  $f_c(\theta, \phi)$  – множитель решетки;  $f_{\text{ЕИ}}(\theta, \phi)$  – значение единичного излучателя.

Построим феноменологическую модель такой антенной решетки:

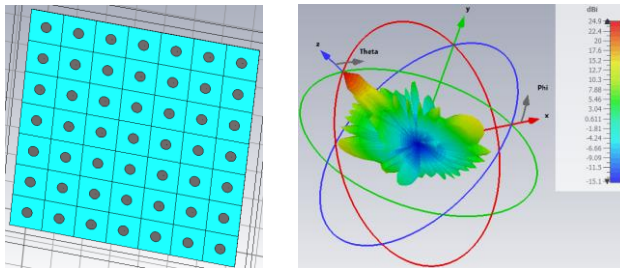


Рис. 3. 3D-модель антенной решетки и ДН

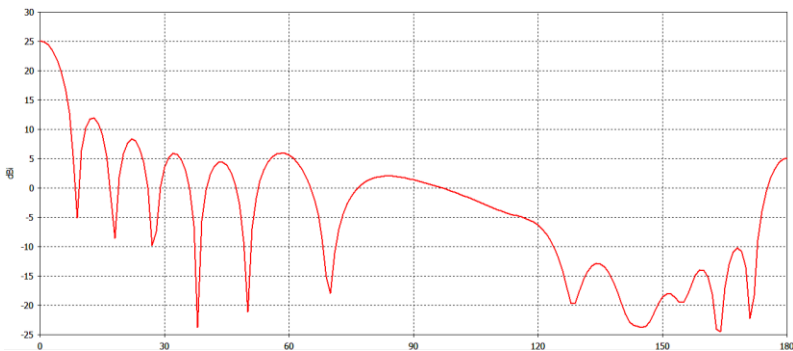
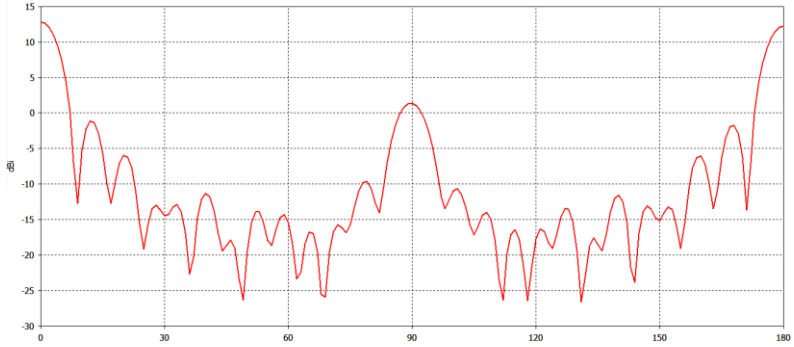
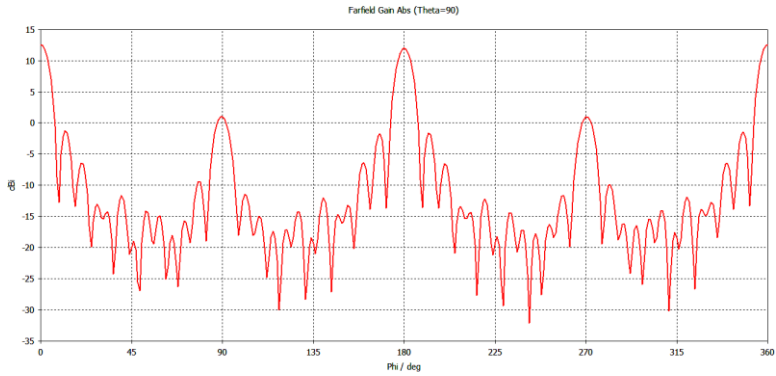


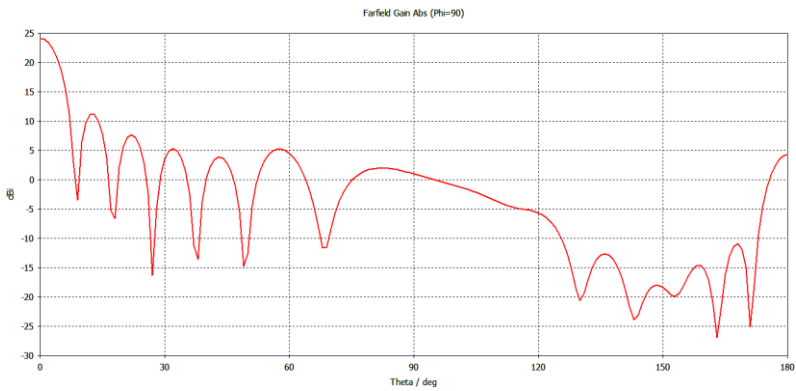
Рис. 4. ДН антенной решетки в плоскости theta



**Рис. 5. ДН антенной решетки в плоскости  $\phi$**



**Рис. 6. Коэффициент усиления в плоскости  $\theta$**



**Рис. 7. Коэффициент усиления в плоскости  $\phi$**

Таким образом, применение такого типа антенной решетки, выполненной в микрополосковом исполнении, совместно с приемопередающим модулем позволит построить высокоэффективные мобильные спутниковые терминалы, обладающие хорошими массогабаритными показателями, а также достаточно высокими радиотехническими показателями, позволяющими в реальном времени осуществлять бесперерывную связь и установление соединения со спутниками как при стационарном обслуживании, так и в мобильном обслуживании.

### Список литературы

1. Локшин, Б. «Экспресс-РВ» – перспективная система связи со спутниками на высокоэллиптических орбитах / Б. Локшин // Технологии и средства связи. – 2018. – № S1. – С. 62 – 71.

2. Кудряшов, М. А. Синтез структуры антенной решетки с электрическим сканированием луча на основе излучателей круговой поляризации для радиолокационной метеостанции / М. А. Кудряшов, О. А. Белоусов, А. Д. Киселев // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : Четвертая Всерос. молодеж. науч. конф., посвященная дню радио, Тамбов, 6–7 мая 2019 года. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019. – С. 165 – 167.

3. Синтез цилиндрической фазированной антенной решетки на основе логопериодических вибраторных антенн для систем широкополосного доступа стандарта IEEE802.11, IEEE802.16 / О. А. Белоусов, Р. Ю. Курносков, П. А. Горшков, А. Г. Рязанова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 266 – 272. – DOI : 10.17277/vestnik.2015.02.pp.266-272

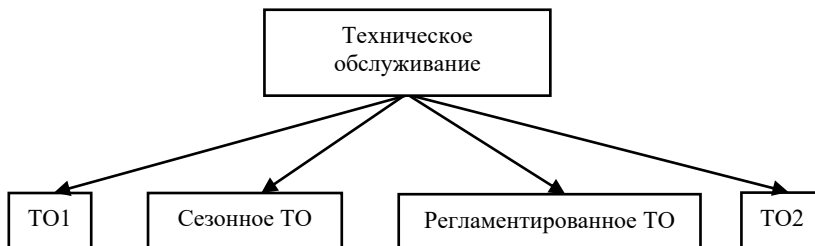
*Кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

*Д. О. Ермаков, О. С. Якушов, Д. О. Овчинников, В. Р. Попенко\**

## ПРОВЕДЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СРЕДСТВ РЭБ С ПРИМЕНЕНИЕМ АТО

**Введение.** Время, в котором мы проживаем, требует постоянной готовности к любым ситуациям. В условиях политической и военной напряженности как никогда важна выверенная система проведения технического обслуживания средств РЭБ. Чтобы его провести, мало знать только определенные технические характеристики аппаратуры, ее принцип работы, необходимо также умело разбираться и в технической документации, и в радиоэлектронной начинке аппаратуры. Реализация всех требований к выполнению технического обслуживания требует весьма значительных сил и средств, что подчеркивает значимость системного подхода в данной сфере [1]. Кроме того, необходимо, в первую очередь, сократить время на проведение технического обслуживания аппаратуры войск РЭБ как в полевых условиях, так и в мирных условиях работ с целью упрощения и более точного выполнения работ специалистов средств РЭБ. В данной статье рассмотрен порядок проведения технического обслуживания средств РЭБ, а также его проведение на аппаратной технической обеспечения (АТО) на примере обслуживания станции помех.

**Порядок проведения ТО.** Последовательность технического обслуживания состоит из следующих этапов (рис. 1).



**Рис. 1. Составляющие технического обслуживания**

---

\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора, преподавателя цикла боевой подготовки специалистов средств РЭБ с наземными системами управления войсками и оружием А. В. Зайцева, Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ (учебный и испытательный).



Техническое обслуживание в объеме ТО-1 проводится, как правило, в парко-хозяйственные дни. В эти дни проводятся также подготовка и проверка учебно-материальной базы, дооборудование и благоустройство парков, мест хранения и обслуживания техники РЭБ, проверка контрольно-стендового оборудования и другие работы, связанные с эксплуатацией техники РЭБ.

Техническое обслуживание в объеме ТО-2, сезонное обслуживание и регламентированное техническое обслуживание планируется исходя из годовых норм расхода ресурса, установленной периодичности технического обслуживания и межремонтных сроков эксплуатации техники РЭБ.

В боевых условиях техническое обслуживание в объеме ТО-2, сезонное обслуживание и регламентированное техническое обслуживание проводится в соответствии с планом технического обеспечения боевых действий.

Регламентированное техническое обслуживание проводится на средствах РЭБ, имеющих составные части с ограниченным ресурсом (ограниченной наработкой).

При регламентированном техническом обслуживании производятся замена составных частей с израсходованным ресурсом, инструментальная проверка электрических параметров, доведение их до установленных норм и проверка качества функционирования средств РЭБ.

При выполнении ТО-2 проводятся контроль и обновление блоков памяти средств специальной вычислительной техники и отладка программ.

При техническом обслуживании комплексов РЭБ согласуются вид технического обслуживания аппаратуры, средств подвижности, источников электропитания, средств автоматизированного управления и связи, вычислительной техники, очередность выполнения работ и операций, связанных с их выключением, регулировкой и настройкой. Техническое обслуживание комплексов РЭБ во всех случаях должно проводиться без снижения установленной степени готовности войск.

Техническое обслуживание аппаратуры пунктов управления, аппаратных информационно-технического сопряжения, средств автоматизированного управления и связи заключается в контроле их технических характеристик (электрических параметров) и проверке функционирования путем подключения оконечных устройств средств РЭБ. При этом проверяется качество функционирования отдельных линий

управления и связи, контролируется процесс обработки информации и передачи данных, оценивается работа операторов.

Также отметим, что предпринимаются попытки более глубокой автоматизации процесса технического обслуживания во всех упомянутых выше этапах с помощью интеллектуальных систем [2].

**Порядок организации и проведения работ на АТО.** Аппаратная технического обеспечения (АТО) предназначена для проведения технического обслуживания и технического ремонта средств РЭБ (в данном случае, автоматизированных станций помех) в полевых условиях путем поиска отказов и определения их причин, устранения отказов заменой или восстановлением их исправности, а также контроля и подтверждения работоспособности составных частей и изделий в целом. Внешний вид рабочих мест операторов АТО представлен на рис. 2.



Рис. 2. Внешний вид рабочих мест АТО

Подобные аппаратные комплектуются набором контрольно-измерительных приборов, в который могут входить мультиметр, источник питания, мегомметр, частотомер, микроомметр, дальномер и т.д.

Последовательность и порядок проведения работ на аппаратной технического обслуживания во время проведения технического обслуживания станции помех делится на два этапа.

На первом этапе (основном) проводится проверка работоспособности и диагностирование основных подсистем. При получении положительных результатов диагностирования проверяемой аппаратной на первом этапе необходимость в проведении второго этапа отпадает, так как перечень проверок первого этапа гарантирует исправность проверяемой аппаратной в целом.

Второй этап предполагает определение неисправных элементов расположенной внутри проверяемой аппаратуры глубиной до демонтируемого блока, возможную диагностику, а в случае необходимости и ремонт.

Работой аппаратной технического обслуживания руководит начальник станции, который отвечает за исправность и постоянную готовность аппаратной к использованию по назначению.

**Заключение.** В заключении стоит отметить, что своевременное проведение, систематизация и автоматизация процесса технического обслуживания средств РЭБ увеличивает надежность и срок службы аппаратуры и техники, что не только актуально, но и необходимо в современном мире. Для этих целей можно использовать аппаратные технического обеспечения, которые оборудованы соответствующими контрольно-измерительными приборами и приспособлены для работы в полевых условиях.

### Список литературы

1. Тимошенко, С. П. Основы теории надежности / С. П. Тимошенко, Б. М. Симонов, В. Н. Горошко. – М. : Юрайт, 2014. – 445 с.
2. Тютюнник, В. М. Интеллектуальные информационные системы : учебник / В. М. Тютюнник, А. Д. Дубровин. – 2-е изд., стереотип. – Тамбов ; М. ; СПб. ; Баку ; Вена ; Гамбург : Изд-во МИНЦ «Нобелистика», 2012. – 356 с.

*Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ  
(учебный и испытательный)*

УДК 699.865

*В. О. Ефанов, А. Э. Никулина, И. А. Козлов, С. И. Обьедков,  
Е. Е. Струков, А. А. Уксова, К. А. Челмодеев\**

### РАЗРАБОТКА ПАРК-ОТЕЛЯ С ВЫСОКИМ УРОВНЕМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Стоимость энергоресурсов растет изо дня в день, в связи с этим появляется термин энергоэффективности. Вопрос об энергоэффективности был и остается одним из приоритетных направлений в экономике России. Также согласно постановлению правительства РФ к 2030 году необходимо снизить энергопотребление и выбросы парниковых газов. Исходя из этого, нами было принято решение разработать проект парк-отеля, который отвечает современным требованиям энергоэффективного здания.

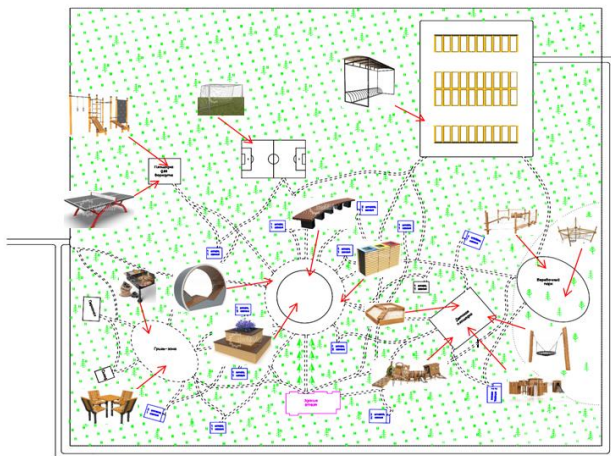
При разработке проекта решались следующие задачи:

- **Энергосбережение** – предусматривает использование природных источников энергии, которые заменят старые установки и при этом снизят затраты по услугам ЖКХ;
- **Энергоэффективность** – применение энергоэффективных методов, которые направлены на снижение теплопотерь здания;
- **Экологичность** – заключается в повышении комфортности микроклимата помещений за счет подбора для отделки только экологичных материалов.

Проект включает генплан парк-отеля, представленный на рис. 1. На территории отеля находятся: административное здание с мини-гостиницей на втором этаже и пищеблоком, жилые домики на 1 или 2 семьи, различные площадки отдыха, детская площадка, спортивная площадка, небольшой веревочный парк. Были подобраны места возможного расположения парк-отеля в Тамбовской области. Все они находятся в лесной зоне недалеко от реки.

---

\* Работа выполнена под руководством кандидата технических наук, доцента ФГБОУ ВО «ТГТУ» О. А. Киселевой.



**Рис. 1. Генплан парк-отеля**

Административное здание будет выполнено полностью из деревянных конструкций, так как дерево обладает хорошим сопротивлением теплопередаче, что позволяет сэкономить на утеплителе. Оно легкое, но при этом способно воспринимать большие нагрузки. Кроме того, дерево является экологически чистым и природным материалом, которое можно переработать и использовать вторично.

Здание у нас с неполным каркасом. Оно состоит из несущего остова в виде клеюдеревянных колонн и несущих наружных стен из LVL-бруса. В качестве несущих элементов перекрытия выступают деревянные прогоны и ригели. На крыше предусмотрена стропильная система. Здания жилых коттеджей также выполнены в деревянных конструкциях.

Для остекления зданий предусматривается использовать энергоэффективные стеклопакеты производителя STIS, которые позволяют снизить теплопотери через окна на 70%.

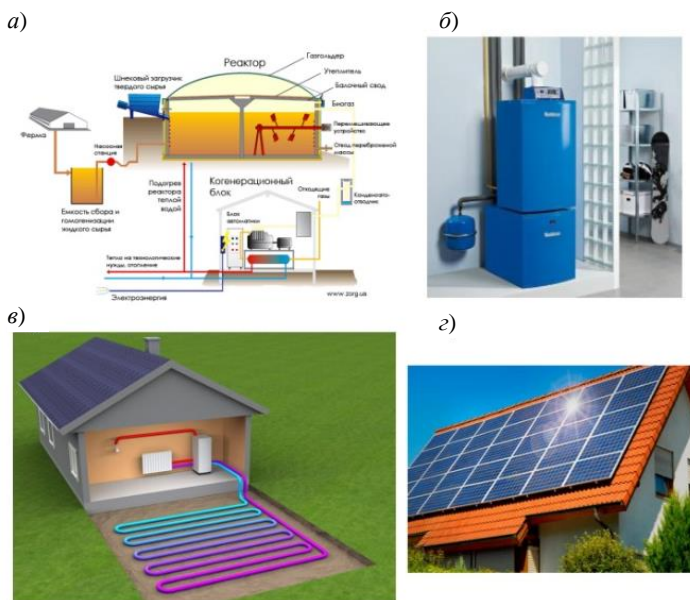
Предусмотрена и приточная вентиляция с рекуператором. При этом теплопотери от вентиляции снижаются на 65%. Приведенные выше мероприятия позволяют снизить общие теплопотери здания вплоть до 60%.

Также был произведен расчет энергопаспорта для зданий. Приведем некоторые величины. Удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период – 0,21, удельная теплозащитная характеристика здания – 0,22. Класс энергосбережения «Высокий».

Для отопления зданий будет использоваться альтернативная электроэнергия. Это:

- солнечные – батарееобъединение фотоэлектрических преобразователей (фотоэлементов) – полупроводниковых устройств, прямо преобразующих солнечную энергию в постоянный электрический ток;
- биогазовые установки – это комплексное решение утилизации отходов пищевой промышленности, агропромышленного комплекса, производство тепловой, электрической энергии;
- тепловые насосы – тепловая машина, устройство для переноса тепловой энергии от источника (например, грунта или воды) к потребителю. В отличие от самопроизвольной передачи тепла, которая всегда происходит от горячего тела к холодному, тепловой насос переносит тепло в обратном направлении;
- индукционные котлы, позволяющие регулировать температуру в помещении, а значит и потребляемую для этих целей энергию.

С помощью данного оборудования будет получена не только тепловая, но и частично электрическая энергия. Примеры оборудования представлены на рис. 2.



**Рис. 2. Оборудование для получения альтернативной энергии:**

*а* – биогазовая установка; *б* – индукционный котел;

*в* – тепловой насос; *г* – солнечные батареи

В целом, за счет применяемого оборудования возможна экономия средств по трем следующим пунктам:

- вывоз мусора, так как органические отходы будут перерабатываться в биогазовой установке и давать нам энергию для отопления зданий;

- отопление и подогрев воды, которое будет осуществляться за счет биогазовой установки и тепловых насосов;

- потребление электроэнергии, так как в зданиях будет использоваться электроэнергия, полученная от солнечных батарей.

Таким образом за 10 лет экономия по услугам ЖКХ составит до 12 млн. руб., что полностью окупает стоимость дорогостоящего оборудования.

### Список литературы

1. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий.
2. СП 131.13330.2020 Строительная климатология.
3. Семенова, Э. Е. Проблемы повышения энергоэффективности зданий / Э. Е. Семенова, А. В. Карманов // Сб. науч. тр. по итогам Междунар. науч.-практ. конф. – Самара, 2015. – № 2. – С. 67–68.
4. Королев, Д. Ю. Современные методы повышения тепловой защиты зданий / Д. Ю. Королев, В. Н. Семенов // Молодой ученый. – 2010. – № 3(14). – С. 26 – 29.

*Кафедра «Конструкции зданий и сооружений» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

*Г. В. Карташова\**

## **АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИИ ПРОЕЗДА ЭНЕРГЕТИКОВ И ПЕРЕУЛКА СОВХОЗНОГО ГОРОДА ТАМБОВА КАК ПРИМЕР ВЛИЯНИЯ РУЧЬЕВ И МАЛЫХ РЕК НА СОСТОЯНИЕ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ**

В связи с частыми подтоплениями подвальных помещений жилых домов, расположенных на северо-западе города Тамбова, произведено обследование данной территории и выполнен анализ местности по литературным и картографическим источникам с целью выявления влияния ее изменения в результате деятельности человека на условия эксплуатации многоквартирных домов.

По аналогии со многими городами России город Тамбов образовался в районе слияния двух рек и получил свое развитие по старым дорогам, превратившимся впоследствии в городские улицы. В связи с ростом города в границах городской застройки оказывались ручьи и малые реки. При уплотнении застройки ручьи постепенно засыпались. Данная тенденция приводит к постепенному заболачиванию городских территорий и появлению грунтовых вод в подвальных помещениях многоквартирных домов и погребах частных домов.

Рассматриваемый район расположен на северо-востоке города Тамбова у южных границ деревни Красенькая. Жители многоквартирных домов, расположенных в нем, жалуются на частое затопление подвальных помещений, неприятный запах сырости, наличие комаров и мошек, а также на отрицательное влияние влаги на строительные конструкции.

Особенно сильно подвержены затоплениям подвальные помещения домов № 26, 26А, 26Б по переулку Совхозному и № 1, 3 по проезду Энергетиков. Затопление подвальных помещений данных домов происходит практически на постоянной основе, и даже после откачивания воды из подвала, она вновь набирается за короткий срок.

Причинами таких частых подтоплений могут быть утечки из внутридомовых и внешних инженерных сетей или попадание грунтовых вод в подвальные помещения. В связи с тем, что протекание инженерных сетей в районе проезда Энергетиков и переулка Совхоз-

---

\* Работа выполнена под руководством кандидата технических наук, доцента ФГБОУ ВО «ТГТУ» М. В. Долженковой.



ного не обнаружено, а также в связи с длительностью и масштабностью подтопления, вероятной причиной может быть поднятие уровня грунтовых вод.

Застройка рассматриваемого района представлена многоквартирными домами разной этажности (от 2 до 9 этажей), частным жилым фондом и нежилыми зданиями (магазины и торговые павильоны, автозаправки и организации по обслуживанию и продаже автомобилей, гаражный массив). Несмотря на имеющуюся парковую зону и площадку для выгула собак, а также огороды, прилегающие к частным домам, данный район имеет высокий процент застроенной или имеющей асфальтовое покрытие территории.

Рельеф местности относительно спокойный, по территории с запада на восток протекает ручей Безымянный (Собачий). Свое начало ручей берет в частном секторе деревни Красенькая, впадает в реку Цну. Длина ручья около 3 км. Пойма ручья не глубокая, загрязненная строительным и иным мусором (рис. 1). Частично ручей расположен в водопропускной трубе, пересекающей улицу Советскую села Донского и вновь переходит в открытое русло в гаражном массиве. Берег и русло ручья частично застроено гаражами, предприятиями и частными жилыми домами [1, 2].



Рис. 1. Ручей Безымянный (Собачий) в ноябре 2023 года

При проведении осмотра установлено, что сегмент водопрпускной трубы возле дома № 3 по улице Красносельской отсутствует, следующий сегмент скрыт мусором и осыпавшимся грунтом. Отвод воды на данном участке происходит в сторону бетонного ограждения расположенной рядом организации, непосредственно в грунт.

В ноябре 2023 года был проведен осмотр подвальных помещений многоквартирных домов рассматриваемого района на предмет наличия затоплений.

Также с февраля по сентябрь 2024 года производился мониторинг состояния подвальных помещений в рассматриваемом районе и его зависимость от погодных условий. Данные мониторинга представлены в таблице. Уровень воды измерялся в одних и тех же точках и не является абсолютным для всех помещений каждого подвала.

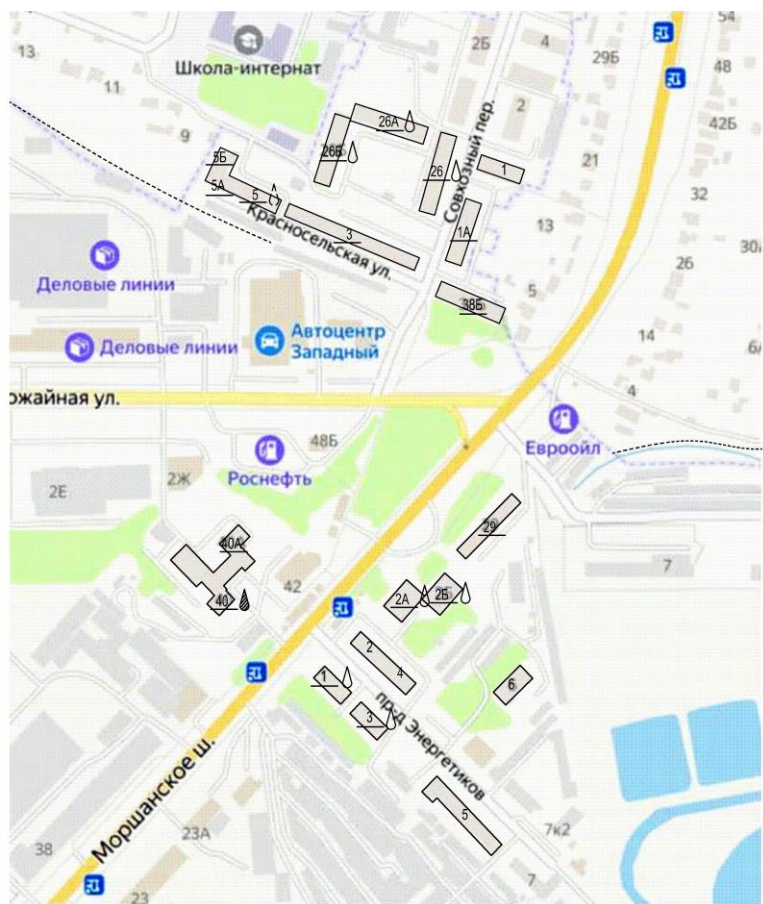
Ноябрь 2023 года был дождливым, ручей имел интенсивное течение. В результате осмотра обнаружена вода в подвальных помещениях домов № 1, 3 по проезду Энергетиков, 2А, 2Б по Моршанскому шоссе, 1А, 2Б, 26А, 26Б по Совхозному переулку. В доме № 5 по улице Красносельской присутствовало замачивание грунта в подвальном помещении, хотя жители данного дома не жалуются на затопления. В подвальном помещении дома № 40 по Моршанскому шоссе обнаружена течь внутридомовых инженерных коммуникаций. Данные осмотра представлены на схеме (рис. 2).







Также с февраля по сентябрь 2024 года производился мониторинг состояния подвальных помещений в рассматриваемом районе и его зависимость от погодных условий. Данные мониторинга представлены в таблице. Уровень воды измерялся в одних и тех же точках и не является абсолютным для всех помещений каждого подвала. Точки замера выбраны случайным образом, так как в рамках осмотра было важно колебание уровня воды в зависимости от времени года и погодных условий. Абсолютная отметка уровня воды в подвальных помещениях разная в зависимости от уровня пола (например, в некоторых помещениях присутствует засыпка песком).

Как следует из данных мониторинга, уровень воды в подвальных помещениях домов № 1 по проезду Энергетиков, № 26, 26А по переулку Совхозному увеличивался с февраля по апрель. С мая наблюдалось резкое уменьшение уровня воды, что соответствует сезонному изменению уровня грунтовых вод.

В подвальном помещении дома № 3 по проезду Энергетиков уровень воды с февраля по апрель находился приблизительно на одном уровне.

С апреля наблюдалось постепенное уменьшение уровня воды до июля. В июле зафиксирована минимальная отметка. В августе произошло увеличение приблизительно 25 см. В сентябре уровень воды снизился.



-  — многоквартирные дома рассматриваемого района
-  — многоквартирные дома с подвальными помещениями
-  — обнаружена вода в подвальном помещении
-  — замачивание грунта в подвальном помещении
-  — течь инженерных коммуникаций в подвальном помещении
-  — существующее русло ручья

**Рис. 2. Схема рассматриваемого участка**

**1. Зависимость уровня воды в подвальных помещениях  
от времени года и погодных условий**

Дата	t воздуха	Погодные условия	Состояние ручья	Состояние подвалов МКД			
				Энергетиков 1	Энергетиков 3	Совхозный 26А	
17.02.2024	-9 °С	Снеговой покров	Ручей замерзший, подо льдом наблюдается течение	Вода ~ 50 см	Вода ~ 60 см	Вода ~ 10 см	Совхозный 26
14.03.2024	0 °С	Снеговой покров, незначительное таяние снега	Ручей замерзший, имеются оттававшие участки, в оттававших участках интенсивное течение	Вода ~ 50 см	Вода ~ 65 см	Вода ~ 15 см	Вода ~ 20 см
13.04.2024	+15 °С	Сухая погода	Визуально наблюдается незначительное повышение уровня воды в ручье	Вода ~ 80 см	Вода ~ 65 см (имеются следы залития от сетей водоотведения)	Вода ~ 45 см	Вода ~ 70 см

Дата	t воздуха	Погодные условия	Состояние ручья	Состояние подвалов МКД		
				Энергетиков 1	Энергетиков 3	Совхозный 26А
14.05.2024	+12 °С	Сухая погода	-	Вода ~ 15 см	Вода ~ 40 см	Вода ~ 10 см
15.06.2024	+23 °С	Относительно сухая погода, в течение недели до измерений были незначительные дожди	Уровень воды снизился, течение практически отсутствует	Вода ~ 20 см	Вода ~ 30 см	В точке измерений влажный грунт (в других помещениях подвала имеется вода)
17.07.2024	+28 °С	Жаркая сухая погода, 14.07.2024 дождь	Течение отсутствует, местами пересыхание ручья	Вода ~ 20 см	В точке измерений влажный грунт, лужи	В точке измерений влажный грунт (в других помещениях подвала имеется вода)

Продолжение табл. 1

Дата	t воздуха	Погодные условия	Состояние ручья	Состояние подвалов МКД		
				Энергетиков 1	Энергетиков 3	Совхозный 26А
17.08.2024	+26 °С	Периодические небольшие дожди	Русло ручья пересохшее	Вода ~ 15 см	Вода ~ 25 см (имеются следы заливов от сетей водоотведения)	В точке измерений грунт практически просохший. В самой глубокой точке подвала имеется вода ~ 20 см (минимальный уровень за время наблюдений)
12.09.2024	+26 °С	Сухая погода	Русло ручья пересохшее	Вода ~ 5 см	Вода ~ 5 см	В точке измерений грунт практически просохший

Отличие изменения уровня воды в подвале дома № 3 по проезду Энергетиков от изменения уровня воды в домах 1 по проезду Энергетиков, № 26, 26А по переулку Совхозному в августе обусловлено течью инженерных коммуникаций (канализация) в районе данного дома. Данные осмотра представлены на графике.

При анализе состояния данной территории по картам более ранних периодов (XIX-XX века) установлено, что на картах разных лет отмечено «Пяшкильское» или «Донская слобода». Рассмотренные карты имеют малый масштаб, поэтому анализировать состояние территории проблематично. Однако, стоит отметить, что на многих картах в указанном районе обозначены один или два ручья (или реки), в которых можно угадать ручей Безымянный (Собачий) и реку Пяшкиль, протекающую по территории села Донского. Наиболее точно их конфигурация совпадает с современным расположением на «Специальной карте Западной части России Шуберта 1826-1840 годов». На данной карте обозначено «Пяшкильское (Донская)», в районе которой угадывается разветвленное русло реки Пяшкиль. Ниже на карте расположен еще один ручей или река, которая, согласно масштабу карты и точке впадения в реку Цну, может быть ручьем Безымянным (Собачим) [3].



**Рис. 3. График изменения уровня воды в подвальных помещениях**





**Рис. 4. Специальная карта Западной части России Шуберта 1826 – 1840 годов (фрагмент) – Пяшкильское (Донская)**



**Рис. 5. Карта РККА № 37 (г). Липецкая, Тамбовская и Рязанская области (фрагмент) – д. Красненькая и район протекания ручья**

На более поздней подробной «Карте РККА № 37 (г). Липецкая, Тамбовская и Рязанская области» (1935 – 1941 гг.) ручей Безымянный (Собачий) трудноразличим. Однако обозначено озеро Ендово, в настоящее время располагающееся на территории Тамбовской ТЭЦ. Также согласно условным обозначениям в данном районе имелись болотистые участки [4].

Болотистый участок, расположенный примерно в 500 метрах на северо-запад от озера Ендово, обозначен и на «Топографической карте Тамбова 1988 года». В настоящее время на этом месте располагаются дома № 40 и 40А по Моршанскому шоссе [5].

Еще более современная карта имеется в «Справочнике-путеводителе» А. А. Горелова и Ю. К. Щукина 1999 года [6]. На ней обозначен болотистый участок в районе домов № 5А, 5Б по улице Красносельской. Также в данном справочнике упоминается, что, по рассказам жителей, данная местность в 40-е годы XX века была



заболочена, что может указывать на близкое расположение грунтовых вод.

Подробный анализ указанного района отражен в «Техническом отчете об инженерно-геологических изысканиях, выполненных в южной части микрорайона с. Донского Тамбовского района», разработанном в январе 1992 года Тамбовским отделом ВоронежГИСИЗ. Было произведено изучение территории, бурение скважин, выполнены лабораторные исследования проб грунтов и подземных вод. По результатам исследований установлено повышение уровня грунтовых вод по сравнению с 1970 – 1972 годами на 1...2 м. Причиной повышения обозначено освоение территорий, примыкающих к ручью и нарушение естественного стока ручья и функций естественной дренарующей системы водоносного горизонта.

В период с 1992 по 2024 год на территории северо-востока города Тамбова велось масштабное строительство промышленных и торговых объектов. Обследование подвальных помещений в нежилых зданиях не проводилось.

Ручей Безымянный (Собачий) был частично «спрятан» в водопропускную трубу на пересечении улицы Урожайной и улицы Советской села Донского. Одновременно происходит постоянное замусоривание и подсыпка ручья собственниками гаражей, расположенных к востоку от улицы Советской.

Таким образом, установлено, что в течение тридцати лет увеличился процент застройки и процент территорий с твердым покрытием в указанном районе. Изменились условия стока ручья Безымянного «Собачьего». При проведении осмотров выявлено постоянное подтопление подвальных помещений многоквартирных домов. Также установлено, что уровень воды изменяется в зависимости от времени года и погодных условий. Соответственно, причиной данного подтопления может быть повышение грунтовых вод на участке в связи с измененными условиями стока ручья Безымянного (Собачьего).

### Список литературы

1. Реки Тамбовской области (каталог) / С. В. Журихин, Н. Ф. Усачев, Н. Ф. Пчелинцев и др. – Тамбов : «РИО упринформпечати», 1991. – 32 с.
2. Белов, С. В. Тамбов – город на Цне. Проблемы водоотведения в истории формирования и развития городской территории / С. В. Белов, Ю. И. Попов, А. Г. Юрин ; МБУ «Спецдорсервис». – Тамбов ; М. ; СПб. ; Баку ; Вена, Гамбург ; Стокгольм : Изд-во МИНЦ «Нобелистика», 2017. – С. 132 – 133, 152.

3. Специальная карта Западной части России Шуберта 1826-1840 годов [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.etomesto.ru/map-shubert-10-verst/> (дата обращения: 15.04.2024).

4. Карта РККА №37 (г). Липецкая, Тамбовская и Рязанская области. [Электронный ресурс]. – URL : [http://www.etomesto.ru/map-rkka\\_n-37-g/](http://www.etomesto.ru/map-rkka_n-37-g/) (дата обращения: 15.04.2024).

5. Топографическая карта Тамбова 1988 года [Электронный ресурс]. – URL : [http://www.etomesto.ru/map-tambov\\_1988/](http://www.etomesto.ru/map-tambov_1988/) (дата обращения: 15.04.2024).

6. Горелов, А. А. Тамбов. Справочник-путеводитель (северо-восточная часть) / А. А. Горелов, Ю. К. Щукин. – Тамбов : Тамбовская типография «Пролетарский светоч», 2000. – 248 с.

*Кафедра «Архитектура и градостроительство» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

УДК 630.8:674

*А. Д. Чуканова\**

### **КОМПЛЕКТ ИЗ ЭКОГРИЛЯ И ГРАНУЛ ДЛЯ РОЗЖИГА ИЗ ОПИЛОК КАК ПРИМЕР РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ**

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

Именно поэтому в данной статье будет рассмотрен способ рационального использования отходов различных производств на примере создания экогриля, который будет иметь в комплекте собственное средство для розжига, а именно гранулы из опилок.

Экогриль решит проблему не только рационального природопользования, но и будет актуален для любителей отдыха на природе, которые хотят быстро, экологично и легко готовить, но сталкиваются с проблемой выброса отходов средств для розжига и выделения ими токсичных веществ, а существующие мангалы являются источниками выброса большого количества вредных веществ в окружающую среду [2].

Таким образом, проблемой потенциальных потребителей является отсутствие одноразовых мангалов из безопасных для человека и окружающей среды материалов.

На данный момент существуют следующие альтернативы:

- 1) громоздкие, стационарные жаровни и тандыры;
- 2) металлические мангалы;
- 3) тяжелые керамические грили;
- 4) мангалы, собранные из картона и угольных таблеток;
- 5) конфорки и другие походные плиты на горючем топливе.

Противостоять существующим решениям может легкий, компактный мангал из биоразлагаемых материалов: картон, бамбук, гранулы из опилок для розжига, позволяющий сократить нагрузку на природу и время приготовления еды.

Мы решили провести небольшое интервью с потенциальными пользователями продукта. Для того чтобы узнать, каким они видят

---

\* Работа выполнена под руководством кандидата технических наук, доцента ФГБОУ ВО «ТГТУ» А. О. Суховой.

идеальный мангал и действительно ли нужен наш продукт, мы составили вопросы для интервью, основываясь на 5 блоках:

1. Проблема и контекст ее проявления.
2. Фактический опыт решения проблемы.
3. Трудности и неудобства в процессе решения.
4. Источники информации и потенциальные каналы коммуникации с ЦА.
5. Завершение и согласие на поддержку в будущем.

Данный вид интервью называется «проблемным интервью», так как помогает проверить гипотезу касательно более потенциальных покупателей, мотивов покупки, а также критериев выбора товаров или услуг.

Анализируя полученные ответы, можно сделать вывод, что людям нужен простой в использовании, компактный, эффективный, не представляющий опасности для здоровья мангал. Мы попробовали создать продукт, ориентируясь на эти параметры.

Экогриль будет включать в себя картонное основание, каменную крошку (которая защитит картон от возгорания), бамбуковые палочки (на которых и будет готовиться еда), и гранулы из опилок (которые будут не гореть, а тлеть, тем самым избегая открытого огня и сохраняя безопасность).

Гранулы, о которых идет речь, являются переработкой отходов деревообработки. Измельчается макулатура, замачивается ненадолго в теплой воде, затем смешивается с опилками (рис. 1). Данная спрессованная смесь помещается в силиконовые формы и отправляется сушиться в сушильный шкаф.

Гранулы состоят из веществ с высокой теплоотдачей, по нашим расчетам количества теплоты от сгорания одной гранулы хватит для того, чтобы нагреть 1 литр воды на 61 градус.

Все составляющие будут производиться из отходов различных производств, что будет являться рациональным природопользованием. После использования продукта его можно утилизировать без вреда природе.

Учитывая рост тренда на экологически чистые продукты, экогриль за счет новизны имеет высокие шансы стать популярным.

Экологизация проникает во все сферы, а наш продукт может ускорить переход человека к бережному потреблению и отношению к природе [3].

За 2017 – 2022 годы продажи грилей и мангалов выросли на 37,6% (с 1,88 до 2,59 млн шт.). Во-первых, на фоне пандемии бум на загородную недвижимость привел к росту спроса на товары для дачи, в том числе на грили и мангалы.



**Рис. 1. Процесс создания продукта**

Во-вторых, из-за ограничений на поездки и другие развлечения отдых на природе и походы стали одними из самых доступных и популярных способов времяпрепровождения, что стимулировало спрос на туристические грили и мангалы.

Подводя итоги всего вышесказанного, в статье приводится описание биоразлагаемого и безопасного, в статье приводится описание вопроса с рациональным природопользованием. Экогриль станет незаменимым спутником для всех любителей отдыха на природе – больше никаких вредных выбросов, которые плохо скажутся на здоровье человека и окружающей среде!

### **Список литературы**

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. Арбузов, В. В. Экономика природопользования и природоохраны : учебное пособие / В. В. Арбузов, Д. П. Грузин, В. И. Симакин. – Пенза : ПГУ, 2015. – 251 с.

*Кафедра «Природопользование и защита окружающей среды»  
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

*М. А. Булгаков, А. А. Башкатов\**

## **ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА НА ПЕРЕРАБОТКУ HDPE В РОССИИ**

Влияние изменений в экологическом законодательстве на переработку полиэтилена высокой плотности (HDPE) в России стало важнейшей областью исследований, поскольку страна стремится решить свои растущие проблемы управления отходами. Недавние законодательные реформы, особенно те, которые были приняты в 2023 году, переложили ответственность за переработку отходов упаковки с потребителей на производителей, стремясь повысить подотчетность и содействовать устойчивым практикам в стране, где загрязнение пластиком остается острой проблемой. Этот сдвиг согласуется с более широкими целями правительства в области экологической устойчивости, включая обязательства по достижению углеродной нейтральности для конкретных проектов к 2025 году и сортировке всех отходов во всех регионах к 2030 году [1].

Несмотря на заметные достижения, реализация этих реформ вызвала серьезные дебаты. Критики утверждают, что существующий экологический надзор остается недостаточным, и высказывают опасения, что положения могут позволить крупномасштабным проектам, таким как нефтепроводы, обходить комплексные экологические проверки, что потенциально усугубляет экологические риски [2]. Более того, сохраняются проблемы в нормативно-правовой базе, регулирующей переработку HDPE, где муниципалитеты часто не имеют необходимых ресурсов и инфраструктуры для эффективного управления инициативами по переработке.

Россия столкнулась со значительными проблемами в создании надежной законодательной базы для реформы управления отходами.

Первоначальная федеральная целевая программа, реализованная в период с 1996 по 2000 год, была в значительной степени неэффективной, не имела четкого направления и не достигла поставленных целей [1]. В 2004 году произошел сдвиг, поскольку ответственность за управление твердыми отходами была децентрализована муниципальным властям, шаг, направленный на расширение полномочий

---

\* Работа выполнена под руководством кандидата технических наук, доцента ФГБОУ ВО «ТГТУ» А. О. Суховой.

населенных пунктов по решению собственных проблем с отходами. Однако, эта реформа имела ограниченный успех из-за отсутствия у муниципалитетов финансовых ресурсов и опыта, что мешало им развивать необходимую инфраструктуру [1].

После распада Советского Союза Россия претерпела существенные политические и экономические изменения, которые существенно повлияли на усилия по защите окружающей среды. Существующая правовая база, несмотря на свою обширность – с более чем 4000 принятыми экологическими законами и постановлениями — оставалась плохо реализуемой из-за бюрократической неэффективности и отсутствия приверженности со стороны государственных органов [2].

Краеугольный камень российского природоохранного законодательства, Федеральный закон об охране окружающей среды 2001 года, был направлен на установление основных прав и обязанностей в отношении охраны окружающей среды. Тем не менее, пробелы в правоприменении сохранялись, усугубляясь частыми реорганизациями в природоохранных учреждениях, которые подрывали эффективность регулирования [3].

**Последние изменения в законодательстве.** В последние годы в России произошли существенные реформы в экологическом законодательстве, особенно в области переработки и управления отходами. В апреле 2023 года правительство России внесло законопроект, направленный на реструктуризацию рамок расширенной ответственности производителя (РОП) для отходов упаковки. После обширных обсуждений этот законопроект был одобрен Государственной Думой в июле 2023 года, а закон был официально подписан Президентом 4 августа 2023 года. Основные поправки должны вступить в силу с 1 января 2024 года, при этом были изложены переходные положения, регулирующие практику РОП до 2027 года [3].

Одним из основных изменений в этом законодательстве является перенос ответственности за переработку упаковки с потребителей на производителей и импортеров. Ожидается, что этот шаг повысит ответственность производителей за их воздействие на окружающую среду. Закон соответствует более широким государственным целям по содействию устойчивому развитию и решению экологических проблем, включая выбросы парниковых газов (ПГ). В рамках этих усилий была предложена стратегия по достижению углеродной нейтральности для определенных проектов к концу 2025 года, требующая обязательной отчетности по выбросам углерода для компаний, участвующих в этих инициативах [2].

Недавние поправки к Федеральному закону № 89-ФЗ, первоначально принятому в 1998 году, отражают растущее внимание к экологическому управлению и корпоративной ответственности. В частности, законодательство включает положения для компаний по интеграции экологических, социальных и управленческих (ESG) факторов в свою деятельность и процессы принятия решений. Этот подход призван снизить риски и использовать возможности, связанные с экологической устойчивостью [4].

Несмотря на эти реформы, сохраняются опасения относительно возможности неадекватного экологического надзора. Критики выразили тревогу по поводу положений, позволяющих крупным строительным проектам, таким как нефте- и газопроводы, продолжаться без комплексных экологических проверок, что потенциально усугубляет экологические риски в пределах охраняемых территорий [5]. По мере того, как эти законодательные изменения происходят, они создают как проблемы, так и возможности для сектора переработки, особенно для таких материалов, как полиэтилен высокой плотности (HDPE), которые имеют решающее значение для упаковки и устойчивых практик в России [5].

**Роль законодательства и соблюдения законодательства.** Правовой ландшафт вокруг переработки HDPE в России остается критическим фактором, определяющим успех инициатив по переработке. Действующее законодательство пока не обеспечивает эффективного соблюдения экологических стандартов, что создает трудности для хозяйствующих субъектов, стремящихся улучшить свои процессы переработки [6]. Исследования показывают, что принятие подхода добровольного соответствия имеет ограничения, что говорит о необходимости стратегий, которые стимулируют соблюдение этих стандартов, тем самым способствуя формированию культуры экологической ответственности в отрасли [6].

**Будущие направления.** Полученные в ходе этих тематических исследований выводы подчеркивают необходимость комплексного подхода к переработке HDPE, который сочетает в себе технологические достижения с надежной законодательной базой и сотрудничеством заинтересованных сторон. Сосредоточившись на предотвращении отходов, стимулировании экодизайна и повышении осведомленности общественности, Россия может усилить свои усилия по переработке HDPE, способствуя более устойчивой круговой экономике [7].

**Инновации в переработке.** Переработка HDPE представляет существенные экологические преимущества, однако продолжающиеся исследования в области совершенствования методов переработки



остаются критически важными. Достижения в области методов первичной, вторичной и третичной переработки будут иметь важное значение для повышения общей эффективности переработки HDPE в России [7]. Сосредоточение внимания на совершенствовании этих методов может сыграть значительную роль в смягчении воздействия на окружающую среду, связанного с пластиковыми отходами, и содействии развитию экономики замкнутого цикла.

### Список литературы

1. Анисимов, А. П. Экологическое право России / А. П. Анисимов, А. Я. Рыженков, Ю. И. Исакова. – М. : Юрайт, 2024. – 433 с.
2. Астафьева, О. Е. Экологические основы природопользования / О. Е. Астафьева, А. А. Авраменко, А. В. Питрюк. – М. : Юрайт, 2023. – 377 с.
3. Боголюбов, С. А. Актуальные проблемы экологического права / С. А. Боголюбов. – М. : Юрайт, 2023. – 499 с.
4. Боголюбов, С. А. Основы экологического права. Краткий курс / С. А. Боголюбов. – М. : Юрайт, 2023. – 230 с.
5. Боголюбов С. А., Правовые основы природопользования и охраны окружающей среды / С. А. Боголюбов, Е. А. Позднякова. – М. : Юрайт, 2024. – 480 с.
6. Быковский, В. К. Правовые и организационные основы государственного управления лесами / В. К. Быковский. – М. : Юрайт, 2024. – 252 с.
7. Винокуров, А. Ю. Экологическое право России : учебник / А. Ю. Винокуров. – М. : Феникс, 2020. – 411 с.

*Кафедра «Природопользование и защита окружающей среды»  
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

## СОДЕРЖАНИЕ

---

<b>ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ</b>	3
<i>Е. И. Кровякова, М. В. Ахтукова, Д. П. Ростова</i> АДСОРБЦИЯ ТРИАЛКИЛАМИНОВ НА ПОВЕРХНОСТИ (001) ФТАЛОЦИАНИНА МЕДИ .....	3
<b>ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ</b>	7
<i>Ю. В. Никитников, В. С. Круглов</i> РАЗРАБОТКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ВИРТУАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ .....	7
<i>Д. В. Теселкин, М. А. Шильцын</i> ТЕХНОЛОГИИ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ РУК ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ В ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ВИРТУАЛЬНЫХ ТРЕНАЖЕРАХ .....	11
<i>М. А. Шильцын, Д. В. Теселкин</i> ОРГАНИЗАЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ВИРТУАЛЬНЫМИ ОБЪЕКТАМИ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ .....	15
<i>О. А. Евсеев, Н. С. Толстошеин, А. А. Гусев</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ РУКОВОДИТЕЛЯ БЛИЖНЕЙ ЗОНЫ АЭРОПОРТА .....	19
<i>А. А. Баламутова, С. В. Клишин, Ю. В. Задорожный</i> АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	23
<i>Д. В. Киреев</i> АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ ТЕРМОГРАММ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ .....	29
<b>СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ, ПРИБОРЫ</b>	34
<i>А. Д. Анисимов, Р. М. Башкиров, Н. С. Толстошеин</i> РОЛЬ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫХ СРЕДСТВ В ПРЕДОТВРАЩЕНИИ ТЕХНОГЕННЫХ ИНЦИДЕНТОВ .....	34
<i>И. А. Чупахин</i> БЕСПРОВОДНАЯ ЗАРЯДКА ДЛЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА .....	39

<i>Е. Д. Колосов, А. С. Ткачев, А. О. Леухин, А. В. Кауров</i> ВЛИЯНИЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА НА ЗАЩИТУ ИНФОРМАЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ .....	44
---	----

<b>МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, НАНОТЕХНОЛОГИИ, МАШИНОСТРОЕНИЕ</b>	48
---	----

<i>Д. А. Бадин, А. Н. Тимиргалиев, С. О. Рыбакова, О. А. Ананьева, В. О. Яркин, Т. С. Кузнецова</i> ГРАФЕНСОДЕРЖАЩИЙ СОРБЕНТ НА ОСНОВЕ АКТИВИРОВАННОГО РАПСОВОГО БИОУГЛЯ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ СРЕД.....	48
--	----

<i>Д. А. Егоров</i> ПРИЧИНЫ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕНДЕЦИИ МОЛОДЫХ ИНЖЕНЕРОВ В ОБЛАСТИ МАШИНОСТРОЕНИЯ.....	54
--	----

<i>Н. С. Ковалев, Т. И. Горохов</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ ИЗ ДРЕВЕСНО-ГИПСОВОГО КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА .....	58
---	----

<i>А. В. Пачин</i> РАСХОДЫ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕКОРА МЕБЕЛИ....	62
--	----

<i>Н. С. Родина, М. В. Родин, И. Н. Лякутина</i> ТЕНДЕНЦИИ В ОБЛАСТИ КЛЕЕВЫХ СОСТАВОВ НА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ .....	65
---	----

<i>А. Н. Трунов</i> МАШИННОЕ ВЫЧИСЛЕНИЕ ВОЗНИКАЮЩИХ СИЛ И МОЩНОСТИ НА ОСНОВЕ ВЫБРАННЫХ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ.....	70
---	----

<i>Я. С. Шубин</i> РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ БИБЛИОТЕКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ-ШАБЛОНОВ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ .....	73
--	----

<i>П. В. Чермошенцев</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ОПЕРАЦИЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «СЕРЬГА» НА СТАДИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА .....	77
---	----

<i>Д. Б. Тургунбоев</i> ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ, ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ОПЕРАТОРОВ СТАНКОВ С ЧПУ .....	80
--	----

<i>О. В. Пойманова</i> ПРИМЕНЕНИЕ 3D-СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ .....	86
---	----

<b>БИОТЕХНОЛОГИЯ, МЕДИЦИНСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ</b>	89
<i>А. А. Козеняшева, В. С. Трунилина, В. А. Нестерова</i> РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА НАСТОЙКИ БИОЖЕНЬШЕНЯ.....	89
<i>А. А. Нечай, А. В. Медведева</i> ПРИМЕНЕНИЕ СЛУХОВЫХ АППАРАТОВ ВОЗДУШНОЙ ПРОВОДИМОСТИ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ПАТОЛОГИЙ СЛУХА У СОБАК	93
<i>В. С. Трунилина, В. А. Нестерова, А. А. Козеняшева, М. С. Темнов</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УТИЛИЗАЦИИ ПОСЛЕСПИРТОВОЙ БАРДЫ ПУТЕМ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА НЕЙ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ <i>CHLORELLA VULGARIS</i> .....	97
<b>ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ</b>	102
<i>И. М. Ковальчук, Д. А. Попова, С. И. Данилина</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОБОВЫХ КУЛЬТУР В ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЯХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ БЕЛКА .....	102
<i>Д. Д. Вяткина, Н. Ю. Куликова, Д. А. Сивова, Н. В. Шумкина</i> ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗРЕЛОСТИ СЫРОВ .....	106
<b>ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ И ДРУГИХ ТЕХНОЛОГИЙ</b>	110
<i>Д. Д. Коновалов, Д. Н. Коновалов</i> МОДЕРНИЗАЦИЯ БАРОМЕМБРАННОГО АППАРАТА ТРУБЧАТОГО ТИПА УЛУЧШЕНИЕМ ТУРБУЛИЗАЦИИ ПОТОКА .....	110
<b>РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ</b>	114
<i>Д. О. Ермаков, О. С. Якушов, В. Р. Попенко, Д. М. Овчинников</i> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА И МЕТОДЫ ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....	114
<i>И. П. Медведев, Д. В. Помещиков, К. В. Сметанин, К. С. Четырина</i> ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЦИФРОВАЯ АНТЕННАЯ РЕШЕТКА ДЛЯ СЕТЕЙ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ 6G.....	118
<i>П. В. Чернов, А. А. Тришаков, С. К. Казьмин, М. А. Фомин, В. В. Чепрасов</i> АНТЕННАЯ РЕШЕТКА НАЗЕМНОЙ СТАНЦИИ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ «ЭКСПРЕСС-РВ» .....	122

<i>Д. О. Ермаков, О. С. Якушов, Д. О. Овчинников, В. Р. Попенко</i> ПРОВЕДЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СРЕДСТВ РЭБ С ПРИМЕНЕНИЕМ АТО .....	127
<b>АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО</b>	131
<i>В. О. Ефанов, А. Э. Никулина, И. А. Козлов, С. И. Обьедков, Е. Е. Струков, А. А. Уксова, К. А. Челмодеев</i> РАЗРАБОТКА ПАРК-ОТЕЛЯ С ВЫСОКИМ УРОВНЕМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ .....	131
<i>Г. В. Карташова</i> АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИИ ПРОЕЗДА ЭНЕРГЕТИКОВ И ПЕРЕУЛКА СОВХОЗНОГО ГОРОДА ТАМБОВА КАК ПРИМЕР ВЛИЯНИЯ РУЧЬЕВ И МАЛЫХ РЕК НА СОСТОЯНИЕ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ	135
<b>ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ</b>	146
<i>А. Д. Чуканова</i> КОМПЛЕКТ ИЗ ЭКОГРИЛЯ И ГРАНУЛ ДЛЯ РОЗЖИГА ИЗ ОПИЛОК КАК ПРИМЕР РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ.....	146
<i>М. А. Булгаков, А. А. Башкатов</i> ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬ- СТВА НА ПЕРЕРАБОТКУ НДРЕ В РОССИИ .....	149

Научное электронное издание

# ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Сборник научных статей  
молодых ученых, аспирантов и студентов

Выпуск XVI

Редактирование Е. С. Мордасовой  
Графический и мультимедийный дизайнер Т. Ю. Зотова  
Обложка, упаковка, тиражирование Е. С. Мордасовой

**ISBN 978-5-8265-2825-9**



Подписано к использованию 23.10.2024.  
Тираж 100 шт. Заказ № 115

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
392000, г. Тамбов, ул. Советская, 106, к. 14.  
Тел./факс (4752) 63-81-08  
E-mail: izdatelstvo@tstu.ru