



*Году единства  
народов России  
посвящается*

*В рамках  
Фестиваля науки  
в Тамбовской  
области*



# **ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

**ВЫПУСК XVIII**

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

*Научное электронное издание*

**Тамбов  
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
2026**

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 XVIII**

**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  
Архитектура и строительство, транспорт  
Экономика, управление качеством продукции  
Проблемы техногенной безопасности

*Научное электронное издание*



---

Тамбов  
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
2026

ББК я43  
П78

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. 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», 2026. – Вып. XVIII. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium IV ; RAM 512 Mb ; необходимое место на HDD 3,3 Mb ; Windows 7/8/10/11 ; дисковод CD-ROM ; мышь. – Загл. с экрана.  
ISBN 978-5-8265-3039-9

В сборнике представлены статьи участников отборочного тура программы У.М.Н.И.К. 2026 г. в рамках Двадцать первой 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: 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.) © Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2026  
ISBN 978-5-8265-3039-9 (вып. XVIII)

УДК 004.8

*Н. С. Кутепов\**

## АЛГОРИТМ ДЕКОМПОЗИЦИИ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА НА ПРОСОДИЧЕСКИЕ И ТЕМБРАЛЬНЫЕ КОМПОНЕНТЫ В ЗАДАЧАХ ГОЛОСОВОГО КЛОНИРОВАНИЯ

### Введение

Современные методы нейросетевого синтеза речи широко применяются в голосовых ассистентах, системах автоматического перевода и интеллектуальных интерфейсах. Одним из наиболее перспективных направлений является голосовое клонирование [1].

Современные методы синтеза речи основаны на архитектурах WaveNet и FastSpeech [2, 3]. Отдельное направление исследований связано с переносом просодических характеристик и управляемым синтезом речи [4].

Развитие данных технологий сопровождается не только улучшением качества синтеза, но и возникновением новых вызовов. В частности, генерация синтетической речи, близкой к естественной, может использоваться для подмены личности, несанкционированного доступа к голосовым системам и реализации атак социальной инженерии. Это делает актуальной задачу повышения интерпретируемости для обеспечения техногенной безопасности информационных систем с упором на человеко-машинное взаимодействие.

С технической точки зрения существенным ограничением современных моделей является отсутствие явного разделения составляющих речевого сигнала. Тембральные и просодические характеристики оказываются смешанными в латентном пространстве, что приводит к снижению качества управления синтезом и ухудшению межъязыковой адаптации [4].

В качестве основных методов исследования использовались методы математического моделирования, сравнительный анализ, методы цифровой обработки сигналов.

---

\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора кафедры «Информационные системы и защита информации» ФГБОУ ВО «ТГТУ» В. В. Алексеева.

## Постановка задачи

Пусть задан речевой сигнал  $X$ , содержащий акустическую и просодическую информацию. Требуется разработать алгоритм, обеспечивающий его декомпозицию на независимые компоненты:

$$X \rightarrow (z_t, z_p),$$

где  $z_t$  – латентное представление тембра;  $z_p$  – латентное представление просодии.

К основным требованиям к алгоритму относятся:

1. независимость латентных компонент;
2. сохранение информативности представлений;
3. возможность управляемого изменения параметров синтеза;
4. устойчивость к межъязыковым различиям.

Основной сложностью при решении задачи декомпозиции является высокая степень взаимосвязи между указанными группами признаков. Изменение просодии может сопровождаться изменением спектральных характеристик сигнала, что затрудняет выделение независимых компонент и требует применения специальных методов регуляризации латентного пространства.

## Реализованный алгоритм

Алгоритм основан на энкодер-декодерной архитектуре, применяемой в современных системах синтеза речи [3], и включает механизм явного разделения латентного пространства.

В отличие от существующих подходов, предложенный алгоритм предусматривает явное разбиение латентного пространства на независимые подпространства с использованием комбинированной функции регуляризации, обеспечивающей одновременное снижение корреляции и повышение устойчивости представлений.

Энкодер  $E(\cdot)$  отображает входной сигнал в два подпространства:

$$(z_t, z_p) = E(X).$$

Для обеспечения независимости компонент вводится регуляризационный член, минимизирующий статистическую зависимость между  $z_t$  и  $z_p$ . Функция потерь имеет следующий вид:

$$L = L_{rec} + \lambda L_{dis} + \gamma L_{stab},$$

где  $L_{rec}$  – ошибка реконструкции;  $L_{dis}$  – мера зависимости между латентными переменными;  $L_{stab}$  – член, обеспечивающий устойчивость представлений при вариации входных данных;  $\lambda, \gamma$  – коэффициенты.

Для повышения устойчивости декомпозиции используются отдельные механизмы обработки спектральных и временных характеристик сигнала.

На этапе обучения осуществляется совместная оптимизация параметров энкодера и декодера. При этом регуляризационные члены ограничивают степень смешения латентных признаков. В результате формируется структурированное латентное пространство, допускающее независимую модификацию отдельных характеристик речи.

Дополнительно в алгоритме предусматривается возможность межъязыковой адаптации. Для этого просодическое представление может модифицироваться с учетом статистических характеристик целевого языка, включая среднюю длительность фонем, особенности распределения пауз и типовые интонационные конструкции.

Декодер  $D(\cdot)$  восстанавливает сигнал:

$$\hat{X} = D(z_t, z_p).$$

Важной особенностью алгоритма является возможность независимого управления параметрами синтеза за счет модификации отдельных латентных компонент.

## Результаты

Экспериментальная проверка алгоритма проводилась на наборе речевых данных, включающем записи нескольких дикторов с различными просодическими характеристиками. В качестве базового подхода использовалась модель с единым латентным представлением. Результаты показали, что предложенный алгоритм обеспечивает:

- более стабильное разделение тембральных и просодических характеристик;
- снижение искажений при изменении интонации;
- повышение естественности синтезируемой речи.

При варьировании вектора  $z_p$  наблюдается изменение интонационного рисунка без изменения тембра, что соответствует современным подходам к переносу просодии [4]. Аналогично, изменение  $z_t$  приводит к изменению идентичности голоса при сохранении ритмической структуры.

Дополнительно установлено, что раздельное представление признаков улучшает качество межъязыкового синтеза речи, так как позволяет адаптировать просодию к особенностям целевого языка независимо от тембра диктора [1].

С точки зрения техногенной безопасности, предложенный подход повышает интерпретируемость моделей синтеза речи. Это позволяет

использовать структуру латентных представлений для разработки методов обнаружения синтетической речи и предотвращения несанкционированного использования голосовых технологий.

Дополнительно оценивалась устойчивость модели к межъязыковому переносу. При синтезе речи на языке, отличном от языка исходного диктора, базовые методы демонстрировали ухудшение естественности речи и появление нехарактерных интонационных переходов. Использование предложенного подхода позволило снизить выраженность указанных эффектов за счет независимого управления просодическими компонентами.

### **Заключение**

Разработан алгоритм декомпозиции речевого сигнала, обеспечивающий разделение тембральных и просодических характеристик на основе латентных представлений.

### **Список литературы**

1. Transfer Learning from Speaker Verification to Multi-Speaker TTS / Jia Y. et al. // NeurIPS. – 2018.
2. FastSpeech 2: Fast and High-Quality End-to-End Text to Speech / Tan X. et al. – 2020.
3. WaveNet: A Generative Model for Raw Audio / Oord A. et al. – 2016.
4. Towards End-to-End Prosody Transfer for Expressive Speech Synthesis / Skerry-Ryan R. et al. // ICML. – 2018.

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

УДК 004.8

*М. А. Гришкин\**

## СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ АРХИТЕКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕМ

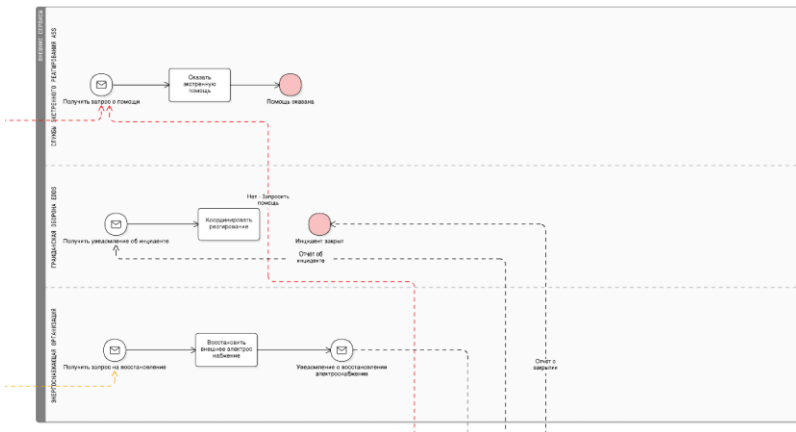
Отрасль теплоснабжения в России находится в состоянии глубокого системного кризиса. Изучение официального доклада о положении дел в российской теплоэнергетике за 2021 год показало наличие проблем, требующих пересмотра методов управления. Совокупная длина теплосетей уменьшилась до 166,75 тыс. км, причем почти треть (30,2%) из них требует полной замены, тогда как доля неэксплуатируемых объектов выросла до 23%. Угрозу техногенной безопасности муниципальных объектов создает ситуация с износом магистральных коммуникаций: за полтора десятилетия протяженность участков с эксплуатационным сроком свыше 30 лет выросла на 45% и достигла 4 817 км. Финансовое состояние сектора оценивается как неудовлетворительное: при доходах в размере около 2,032 трлн рублей совокупные расходы превысили 2,215 трлн. руб., что привело к убыткам в 183 млрд. руб. Рентабельность составила 8,7% [1]. В таких условиях необходимо провести системный анализ существующей архитектуры управления теплоснабжением и предложить пути ее совершенствования.

Представленная на рис. 1 и 2 BPMN-схема [3] отражает процесс реагирования на инцидент прерывания подачи электроэнергии на источник тепла сотрудниками компании «МУП Тамбовтеплосервис», охватывающий полный жизненный цикл взаимодействия с потребителем – от получения заявки до долгосрочного послепускового обслуживания.

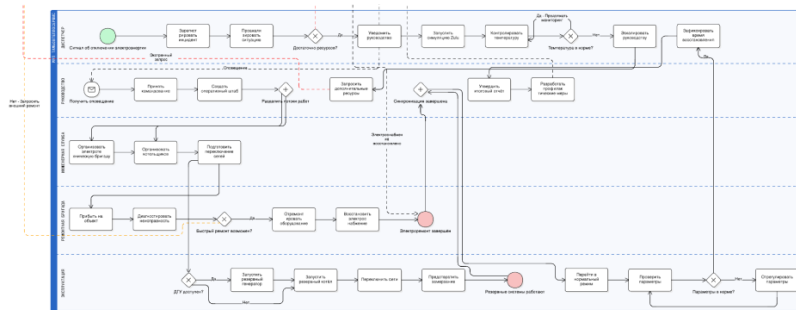
Процесс начинается с получения заявки от потребителя на подключение к системе теплоснабжения или изменение существующих параметров. Заявка проходит проверку на корректность и полноту представленных документов, при выявлении недостатков возвращается на доработку либо принимается решение об отказе в рассмотрении.

---

\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора кафедры «Информационные системы и защита информации» ФГБОУ ВО «ТГТУ» В. В. Алексеева.



**Рис. 1. Процесс реагирования внешними сервисами на отключение электроэнергии**



**Рис. 2. Процесс реагирования «МУП Тамбовтеплосервис» на отключение электроэнергии**

После успешной проверки инициируется расчет технических условий, где определяются параметры подключения: требуемая тепловая мощность, точка подключения, необходимость строительства или реконструкции участков сети, условия гидравлического режима. Этап согласования технических условий включает внутренние процедуры утверждения и внешнее согласование с заявителем, схема предусматривает возможность отказа в выдаче при невозможности технического исполнения или несогласии с условиями. Успешное завершение фиксируется выдачей технических условий заявителю [2]. Реализация технических решений, полученных в исследовании, ожидаемо снизит угрозы техногенной безопасности муниципальных объектов.

После получения технических условий инициируется заключение договора теплоснабжения, в рамках которого определяются коммерческие условия, объемы поставок, качественные параметры теплоносителя, порядок расчетов и ответственность сторон. Параллельно выполняется технологическое присоединение – комплекс строительно-монтажных работ по физическому подключению объекта к тепловой сети, включающий прокладку трубопроводов, установку запорно-регулирующей арматуры, приборов учета и защитной автоматики. По завершении строительных работ проводятся пусконаладочные работы, направленные на проверку работоспособности системы теплоснабжения, настройку регулирующего оборудования, проверку герметичности и прочности соединений [2].

После ввода в эксплуатацию объект переходит в режим послепускового обслуживания, включающего регулярный мониторинг состояния оборудования, проведение плановых профилактических работ и оперативное реагирование на нештатные ситуации. Параллельно функционирует блок расчетов и платежей, обеспечивающий коммерческий учет потребленной тепловой энергии, формирование платежных документов, взаимодействие с потребителями по вопросам оплаты и работу с дебиторской задолженностью. Мониторинг параметров теплоснабжения осуществляется как на стороне поставщика, так и на стороне потребителя; при выявлении отклонений от нормативных значений активируется процедура аварийного реагирования, включающая локализацию аварии, устранение причин и восстановление нормального режима. Плановое обслуживание направлено на профилактику отказов оборудования и включает сезонную подготовку систем к отопительному периоду, промывку сетей, замену изношенных элементов [2].

Проведенный анализ позволяет выделить ряд принципиальных недостатков существующей архитектуры. Прежде всего, передача информации между этапами происходит в значительной степени в ручном режиме, что увеличивает временные затраты и риск искажения данных. Преобладающая часть процессов носит реактивный характер – аварийное реагирование, устранение выявленных неисправностей, работа с поступившими заявками. Низкий уровень цифровизации проявляется в том, что большинство процессов требуют значительного участия человека, а отсутствие единой цифровой платформы приводит к дублированию данных, ошибкам при ручном вводе и невозможности оперативного получения аналитики. Процесс технологического присоединения требует взаимодействия с многочисленными внешними контрагент-

тами, при этом интеграция информационных систем практически отсутствует. Недостаточная прозрачность для потребителя проявляется в ограниченном доступе к информации о статусе рассмотрения заявки, что увеличивает нагрузку на службы поддержки.

На основе выявленных недостатков предлагается комплекс мер по трансформации архитектуры управления. Необходимо создание единой цифровой платформы, интегрирующей все процессы жизненного цикла теплоснабжения в единое информационное пространство. Платформа должна обеспечивать электронный документооборот на всех этапах, единое информационное пространство для всех участников процесса, личный кабинет потребителя с отслеживанием статуса заявки в режиме реального времени, а также автоматизированный расчет технических условий на основе интеграции с ГИС-системами и модулями гидравлического моделирования. Архитектура управления должна эволюционировать от реактивной к предиктивной модели. Предлагается внедрение системы предиктивной аналитики на основе машинного обучения для прогнозирования отказов оборудования, оптимизации режимов работы сетей и планирования ремонтных работ. Технологические изменения должны сопровождаться реорганизацией организационной структуры: созданием единого центра управления сетями, объединяющего функции диспетчеризации, технического регулирования и клиентского сервиса, формированием кросс-функциональных команд для работы с ключевыми процессами, исключая барьеры между подразделениями, развитием компетенций персонала в области цифровых технологий и анализа данных.

Проведенный системный анализ выявил существенный потенциал для повышения эффективности отрасли за счет цифровой трансформации ключевых процессов, что повлечет за собой снижение рисков техногенных аварий. Существующая модель процесса реагирования на отключение электроэнергии в значительной степени основана на ручных процессах и не отвечает современным требованиям к операционной эффективности, прозрачности и качеству обслуживания потребителей, в том числе требованиям техногенной безопасности. Реализация потребует значительных инвестиций и времени, однако отсутствие трансформации в условиях нарастающего износа инфраструктуры, усиления конкуренции и роста требований потребителей чревато дальнейшей деградацией отрасли. Теплоснабжающие организации, которые первыми осуществят цифровую трансформацию своей архитектуры управления, получат существенное конкурентное преимущество и обеспечат устойчивое развитие в средне- и долгосрочной перспективе.

## Список литературы

1. Отчет о состоянии теплоэнергетики и централизованного теплоснабжения в Российской Федерации в 2021 году // Официальный интернет-портал правовой информации. – 2022.

2. Порядок (план) действий по ликвидации последствий аварийных ситуаций в сфере теплоснабжения МУП «Тамбовтеплосервис» // Официальный документ «МУП Тамбовтеплосервис». – 2025.

3. Памятка по BPMN и BPMN-диаграммам // Хабр. – URL : <https://habr.com/ru/companies/sberbank/articles/836092/> (дата обращения: 14.04.2026).

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

**УДК 004.05**

*Д. А. Михин, Н. С. Толстошеин\**

### **СЕМАНТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАК СРЕДСТВО ВЫЯВЛЕНИЯ ФАКТОРОВ ТЕХНОГЕННОГО РИСКА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

Техногенные проблемы в производственных организационно-технических системах проявляются преимущественно как отказы оборудования, аварийные остановки линии, повреждения узлов и нарушения регламентов. В большинстве случаев таким событиям предшествует неоднократное повторение определенных симптомов, таких как, например, неблагоприятные условия эксплуатации и ошибки обслуживания. Существенная часть сведений, необходимых для выявления факторов техногенного риска и оснований модернизации ОТС, фиксируется в текстовых источниках двух типов:

– внутренних, таких как отчеты, инструкции, регламенты, описания инцидентов;

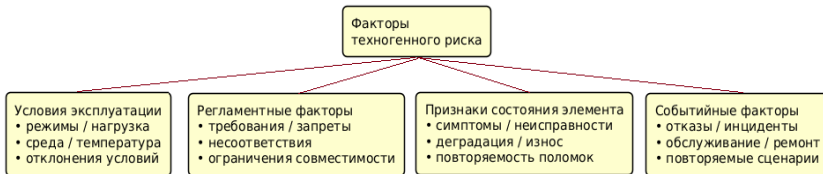
– внешних, таких как научные статьи, тематические журналы, публикации о новых технических решениях и методиках, которые содержат признаки, контекст и основания для модернизации элементов.

---

\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора кафедры «Информационные системы и защита информации» ФГБОУ ВО «ТГТУ» В. В. Алексеева.

В связи с этим в рамках решения поставленной задачи семантический анализ рассматривается как средство преобразования текстовых источников в структурированные признаки, пригодные для выявления факторов техногенного риска и модернизации элементов ОТС. Под признаками в данном случае понимаются извлекаемые из текста упоминания симптомов, событий, действий обслуживания, условий эксплуатации и ограничений, а также связи между ними. Целью обработки служит получение формализованных результатов, которые можно сопоставлять между документами, накапливать во времени и использовать как основания для мониторинга и подготовки решений [1].

На рисунке 1 представлена классификация факторов техногенного риска, построенная по типам признаков, извлекаемых из текстовых источников. Факторы техногенного риска целесообразно выявлять на основе четырех групп признаков: признаков состояния элемента, условий эксплуатации, регламентных факторов и событийных признаков. Такая структура нужна для того, чтобы разнородные текстовые сведения сопоставлялись в единой логике: признаки из разных документов соотносятся с одной из групп, далее могут накапливаться во времени и использоваться как основания при формировании выводов о рисках и выборе корректирующих мер.



**Рис 1. Классификация факторов техногенного риска по типам извлекаемых признаков**

Для того чтобы признаки из четырех групп на рис. 1 могли использоваться при оценке риска, они должны быть получены из текста в сопоставимом и накапливаемом виде. Поэтому семантический анализ рассматривается как последовательность шагов: выделение терминов и контекстов, извлечение сущностей и отношений, нормализация формулировок и фиксация результата в структурированные объекты. Далее эти объекты используются как основания, которые можно формально описывать и агрегировать для получения факторов риска и рекомендаций по модернизации ОТС.

Минимальной единицей фиксации результата семантического анализа является свидетельство:

$$ev = \langle e, t, src, conf \rangle,$$

где  $e$  – элемент производственной ОТС, к которому относится обнаруженный признак;  $t$  – временная привязка свидетельства  $ev$  к временной оси элемента  $e$ , например, время реального проявления сбоя/инцидента;  $src$  – источник свидетельства;  $conf$  – оценка уверенности сопоставления.

Такое представление позволяет сохранять трассируемость оснований и фиксировать неоднозначность текстовых формулировок без потери возможности дальнейшего сопоставления признаков между документами разных типов.

В процессе функционирования системы свидетельства накапливаются по каждому элементу ОТС и по группам признаков, указанным на рис. 1. Это означает, что для элемента системы формируется история повторяющихся симптомов, событийных проявлений (сбоев, отказов, инцидентов), регламентных несоответствий и контекстов эксплуатации, в которых они возникают. Важно отметить, что в качестве основания для формирования рекомендаций по модернизации элемента или состава ОТС в целом рассматривается не единичная запись, а устойчивая повторяемость. Таким образом, при накоплении определенного количества свидетельств о сбоях или ошибках обслуживания одного и того же элемента элемент отмечается как потенциально уязвимый в составе производственной системы. Это позволяет отделять случайные упоминания от устойчивых сигналов техногенного риска и фокусировать дальнейший анализ на тех элементах, для которых паттерны риска проявляются систематически [2].

На основании накопленных свидетельств формируются рекомендации по модернизации конкретного элемента (замена, изменение конфигурации, корректировка методики обслуживания), либо по изменению состава ОТС в целом (введение дополнительных компонентов, перераспределение функций, изменение связей). При этом внешние источники используются как база для поиска применимых вариантов модернизации, согласованных с выявленным типом признаков.

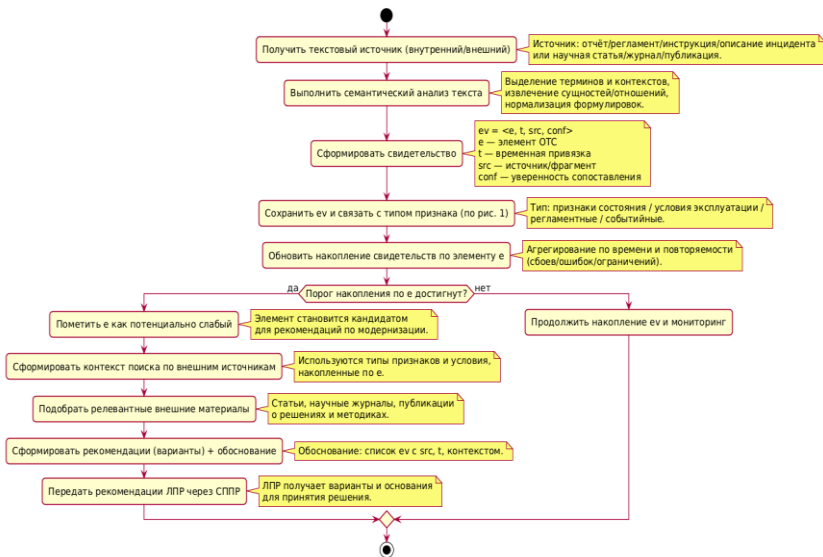
В частности, при событийных факторах и признаках деградации основные рекомендации касаются технических решений, при доминировании регламентных факторов и условий эксплуатации корректировки процедур и методик.

Сформированные рекомендации передаются лицу, принимающему решения (ЛПР), через соответствующие интерфейсы в виде перечня вариантов, каждый из которых сопровождается обоснованием через набор свидетельств: какие признаки выявлены, к какому элементу они привязаны, в каких источниках и при каких условиях они фиксировались, насколько устойчиво проявляются во времени. Это повышает качество принимаемых решений за счет двух факторов:

- решения опираются на накопленный массив согласованных оснований, а не на единичные сообщения, которые могут быть ошибочны;
- сохраняется трассируемость к источникам, что позволяет проверять и уточнять выводы.

Для описания последовательности преобразований от результатов семантического анализа к управленческим рекомендациям целесообразно представить пошаговый процесс обработки свидетельств и формирования рекомендаций для лица, принимающего решение.

В связи с этим на основании проведенного исследования был сформирован алгоритм, отражающий путь от фиксации свидетельства до выдачи системой ЛПР набора рекомендаций по модернизации элемента или состава ОТС.



**Рис 2. Алгоритм формирования рекомендаций на основе свидетельств, полученных посредством семантического анализа источников**

В заключение отметим, что для производственных организационно-технических систем техногенные риски часто формируются и накапливаются задолго до аварийного события и отражаются не только в параметрах работы оборудования, но и в текстовых источниках, как внешних, так и внутренних. Рассмотренный подход позволяет системно извлекать и накапливать признаки, связывать их с конкретными элементами системы и использовать как основание для своевременного выяв-

ления факторов техногенного риска и направлений модернизации ОТС. Это, в свою очередь, повышает обоснованность рекомендаций по корректирующим мерам, снижает вероятность пропуска прецедентных сигналов и, как следствие, способствует более стабильному и эффективному функционированию производственной системы в условиях рисков.

### Список литературы

1. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика : учебное пособие / Е. И. Большакова, Э. С. Клышинский, Д. В. Ландэ и др. – М. : МИЭМ, 2011. – 272 с.
2. Никольский, О. К. Онтологический анализ техногенного риска опасности электроустановок / О. К. Никольский, М. А. Габова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4(198). – С. 116 – 123.

УДК 004.622

*Н. С. Толстошеин, Д. А. Михин\**

### **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

В условиях активного роста объема цифровых данных [1], доступной организациям, роль систем поддержки принятия решений (СППР) становится критически важной. СППР призваны трансформировать входные данные в полезные знания, облегчая процесс принятия управленческих решений. Ключевым инструментом в этой трансформации является интеллектуальный анализ данных (в современной научной литературе встречается Data Mining). Интеллектуальный анализ данных применяет современные алгоритмы и методы для обнаружения скрытых закономерностей и тенденций в больших наборах данных, которые зачастую неочевидны для человека.

Интеллектуальный анализ данных – это междисциплинарная область, объединяющая методы из статистики, машинного обучения,

---

\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора кафедры «Информационные системы и защита информации» ФГБОУ ВО «ТГТУ» В. В. Алексева.

теории баз данных и визуализации. Основная цель – извлечение ранее неизвестных, потенциально полезных знаний из данных. Анализ источников [2, 3] позволил сделать вывод, что в контексте СППР, Data Mining выполняет функции, представленные на рис. 1.



**Рис. 1. Функции Data Mining в СППР**

В процессе анализа данного рисунка был сделан вывод, что центральную роль в задачах интеллектуального анализа данных играет классификация, позволяя автоматически определять принадлежность объектов к заранее заданным классам на основе имеющихся данных.

Анализ источников [4] позволил сделать вывод, что основными методами классификации, применяемыми в Data Mining, являются методы, представленные на рис. 2.

Краткая характеристика методов, представленных на рис. 2:

- методы, основанные на деревьях решений – структура дерева, где каждый внутренний узел представляет проверку некоторого атрибута, каждая ветвь – результат этой проверки, а каждый листовый узел – присвоение классу;
- байесовские методы основаны на теореме Байеса с сильным предположением о независимости признаков друг от друга, условно говоря, при заданном классе;
- методы, основанные на правилах, строят набор правил вида «ЕСЛИ (условие на атрибуты) ТО (класс)»;

## Методы классификации, применяемые в Data Mining



**Рис. 2. Методы классификации, применяемые в Data Mining**

– методы, основанные на соседях, – класс нового объекта определяется большинством классов его ближайших соседей в обучающей выборке, где «близость» обычно измеряется евклидовым расстоянием;

– методы, основанные на ансамблях, – эти методы объединяют предсказания нескольких базовых моделей для получения более точного и устойчивого результата;

– методы, основанные на разделяющей гиперплоскости, занимают поиском гиперплоскости, которая наилучшим образом разделяет классы в пространстве признаков, максимизируя зазор между классами.

В ходе исследования был поведен анализ вышеперечисленных методов классификации, выявлены их преимущества и недостатки, представленные в табл. 1.

## 1. Преимущества и недостатки методов классификации Data Mining

Методы	Преимущества	Недостатки
Методы, основанные на деревьях решений	Легкость интерпретации, наглядность, не требуют нормализации данных	Могут быть склонны к переобучению, чувствительны к небольшим изменениям в данных
Байесовские методы	Простота, высокая скорость обучения и предсказания, хорошо работает даже при небольшом объеме обучающей выборки	Предположение о независимости признаков редко выполняется в реальных данных, что может снижать точность
Методы, основанные на правилах	Правила понятны и легко интерпретируются, могут быть извлечены и использованы отдельно	Формирование оптимального набора правил может быть вычислительно сложной задачей
Методы, основанные на соседях	Простота, отсутствие явного этапа обучения, способность моделировать сложные нелинейные границы классов	Чувствительность к шкале признаков, высокая вычислительная стоимость на этапе предсказания для больших наборов данных
Методы, основанные на ансамблях	Очень мощный и гибкий метод	Более сложен в настройке, чувствителен к параметрам, может переобучаться при неправильной настройке
Методы, основанные на разделяющей гиперплоскости	Хорошо работает в пространствах высокой размерности, эффективен, когда классы четко разделимы	Чувствителен к выбору ядра и его параметров, сложен в интерпретации, медленный на больших наборах данных, плохо работает с зашумленными данными

В результате анализа таблицы был сделан вывод, что выбор метода классификации зависит от количества объектов и признаков, наличия пропущенных значений, типов признаков, сложности задачи, необходимой прозрачности модели и располагаемых вычислительных ресурсов.

Часто для решения реальных задач интеллектуального анализа данных пробуют несколько разных методов и выбирают тот, который дает наилучшие результаты на задаче, что обычно определяется с помощью кросс-валидации.

Несмотря на огромный потенциал, применение классификации в СППР обладает рядом ограничений:

- низкое качество данных приведет к неточным моделям;
- сложные модели могут быть «черными ящиками», что затрудняет понимание логики принятия решений;
- статистические свойства данных могут меняться со временем, требуя регулярного переобучения моделей.

Таким образом интеграция методов классификации из области Data Mining в системы поддержки принятия решений открывает новые возможности для современных организаций.

Разнообразие алгоритмов классификации позволяет подобрать наиболее подходящее решение для конкретной задачи. Каждый метод обладает своими преимуществами и недостатками, и выбор оптимального подхода часто требует экспериментов и учета специфики предметной области.

Несмотря на существующие ограничения, дальнейшее развитие технологий машинного обучения, повышение доступности вычислительных ресурсов и растущее понимание важности данных приведут к тому, что методы классификации будут играть все более значимую роль в эволюции СППР.

### **Список литературы**

1. Дмитриев, А. П. Стремительный рост цифровых данных: анализ мировых трендов и прогноз развития в России / А. П. Дмитриев, С. Ш. Лейба // Региональная и отраслевая экономика. – 2024. – № 1. – С. 141 – 152.
2. Арсентьева, Н. В. Data mining: методы, этапы, применение и значение в современном мире / Н. В. Арсентьева, А. А. Скрипин, И. И. Скрипина // Форум молодых ученых. – 2024. – № 6(94). – С. 97 – 101.

3. Алексеев, В. В. Системный подход к организации структуры управления мобильной сетью в интересах обеспечения устойчивости связи / В. В. Алексеев, Д. А. Иванов, И. Г. Рыжов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2025. – Т. 31, № 2. – С. 259 – 268.

4. Шабанов К. Б. Применение методов интеллектуального анализа данных для повышения качества принятия решений при управлении ресурсами информационной медиасистемы / К. Б. Шабанов, В. В. Алексеев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2021. – Т. 27, № 1. – С. 14 – 19.

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

УДК 66.081.3

*Д. А. Бадин, Т. С. Кузнецова\**

**ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКОМПОЗИЦИОННОГО  
СОРБЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ БИОУГЛЯ,  
МОДИФИЦИРОВАННОГО ОКСИДОМ ЖЕЛЕЗА**

Загрязнение водных сред ионами тяжелых металлов и различного органическими загрязнителями является острой экологической проблемой. Существующие методы очистки (мембранное разделение, ионный обмен, химическое осаждение) часто дороги, энергозатратны или малоэффективны при низких концентрациях загрязнителей. Адсорбция считается перспективным методом благодаря экономичности, простоте и возможности использования возобновляемого сырья [1].

Особый интерес вызывают сорбенты на основе отходов сельского хозяйства. Такие отходы являются возобновляемыми, имеют низкую себестоимость, не токсичны. Использование с/х отходов уменьшает выбросы вредных веществ в атмосферу при гниении или сжигании. Шрот подсолнечника – доступное растительное сырье, образующееся при производстве растительного масла. Он содержит лигнин и целлюлозу, что делает его перспективным сырьем для получения биоугля методом гидротермальной карбонизации. Одним из путей улучшения свойств биомассы является модифицирование магнитными частицами оксида железа, что в перспективе повысит сорбционную способность и обеспечит простое отделение материала внешним магнитным полем [2]. Разработка эффективных магнитных сорбентов на основе вторичного растительного сырья является актуальной задачей очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов.

Авторами разработан сорбционный материал на основе биоугля из шрота подсолнечника, модифицированного оксидом железа. Синтез включал предварительное смешение биомассы с  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (соотношение 100:1), осаждение гидроксида железа 25 %-ным раствором аммиака

---

\* Работа выполнена под руководством кандидата технических наук, доцента кафедры «Техника и технологии производства нанопродуктов» ФГБОУ ВО «ТГТУ» И. В. Бураковой.

и гидротермальную карбонизацию (180 °С, 12 ч) в автоклаве, высокотемпературную карбонизацию при 150, 500 и 750 °С в среде аргона, а также активацию КОН (1:6 по массе) при 400 и 750 °С в среде аргона. Далее биоуголь промывали дистиллированной водой до нейтрального рН.

В работе были изучены физико-химические свойства углеродного нанокompозита. Элементный анализ позволил установить количественное содержание основных элементов.

### 1. Результаты элементного анализа активированного биоугля из шрота подсолнечника, модифицированного оксидом железа

Элемент	С К	О К	Na К	Mg К	Al К	Si К	Р К	S К	К К	Ca К	Fe К	Итого
Масс. %	<b>72,30</b>	<b>15,03</b>	0,04	1,90	0,07	0,15	4,91	0,13	1,48	1,73	2,26	100,00
Атом. %	82,11	12,81	0,03	1,07	0,04	0,07	2,16	0,06	0,52	0,59	0,55	

Элементный анализ (табл. 1) показал, что основу материала составляет углерод (72,30 масс. %). Присутствие железа (2,26 масс. %) подтверждает успешное модифицирование биоугля частицами оксида железа. Также обнаружены калий, кальций, магний и фосфор, которые могут входить в состав минеральных компонентов исходного растительного сырья. Морфология и структура поверхности исследованы с помощью сканирующего электронного микроскопа TESCAN Vega III (Чехия), а также проведено картирование распределения химических элементов. На рисунке 1 представлено СЭМ-изображение активированного биоугля из шрота подсолнечника, модифицированного оксидом железа. Материал имеет шероховатую, пористую поверхность с включениями сферических наночастиц железа.

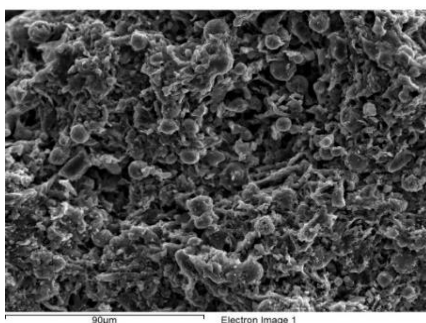
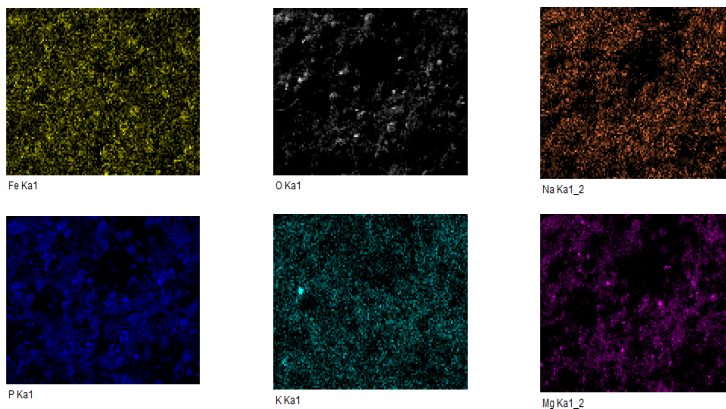


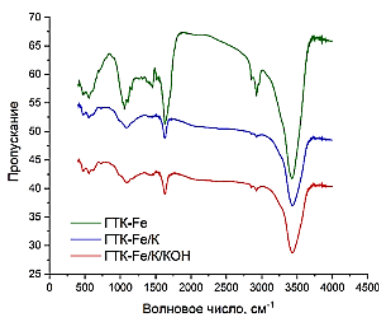
Рис. 1. СЭМ-изображение активированного биоугля из шрота подсолнечника, модифицированного оксидом железа

Результаты картирования распределения химических элементов (рис. 2) показывают, что железо равномерно распределено в углеродной биомассе, что свидетельствует об эффективности предложенного метода модифицирования.



**Рис. 2. Картирование распределения химических элементов в активированном биоугле, модифицированного оксидом железа**

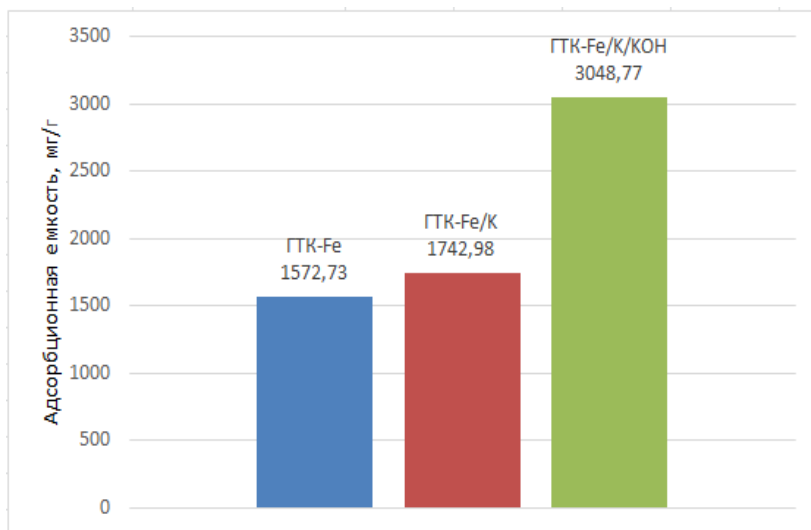
Для получения ИК-спектров исходных компонентов и образцов нанокompозита использовали ИК-Фурье-спектрометр Jasco FT/IR 6700 (Jasco International Co., Ltd., Япония). ИК-спектроскопия (рис. 3) подтвердила наличие функциональных групп O–H ( $3400\text{ см}^{-1}$ ), C–H ( $2925, 2855\text{ см}^{-1}$ ), C=O ( $1655\text{ см}^{-1}$ ), C–O ( $1059, 1034\text{ см}^{-1}$ ). После карбонизации и активации интенсивность пиков снижается, однако полного удаления групп не происходит, что важно для химической сорбции.



**Рис. 3. ИК-спектры исходного, карбонизованного и активированного образцов, модифицированных оксидом железа**

В работе проводилась оценка сорбционной способности активированного биоугля на модельном растворе синтетического красителя – метиленовый синий (МС). Условия эксперимента: вес сорбента – 0,01 г, объем раствора – 30 мл, концентрация раствора – 1500 мг/л, время сорбции – 2; 5; 10; 15; 30; 45; 60 мин. Растворы перемешивались при 100 об/мин и комнатной температуре на ротаторе Multi Bio RS-24 (Biosan) и затем фильтровали.

Оптическую плотность раствора синтетического красителя определяли на спектрофотометре ПЭ-5400 В при длине волны  $\lambda(\text{МС}) = 665 \text{ нм}$ .



**Рис. 4. Адсорбционная емкость активированного биоугля из шрота подсолнечника, модифицированного оксидом железа, по молекулам органического красителя метиленового синего**

Таким образом, разработанный сорбент на основе биоугля из шрота подсолнечника, модифицированный оксидом железа, демонстрирует высокую сорбционную активность по отношению к органическому красителю метиленовому синему – 3048 мг/г. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности использования отходов переработки подсолнечника для создания бюджетных и эффективных сорбционных материалов.

*Работа была проведена на базе Центра коллективного пользования «Получение и применение многофункциональных наноматериалов» ФГБОУ ВО «ГТТУ».*

## Список литературы

1. Sorption kinetics of organic dyes methylene blue and malachite green on highly porous carbon material / A. H. K. Kadum, I. V. Burakova, E. S. Mkrtychyan, et al. // Journal of Advanced Materials and Technologies. – 2023. – V. 8, No. 2. – P. 130 – 140.
2. Wang, M. Magnetically responsive nanostructures with tunable optical properties / M. Wang, Y. Yin // Journal of the American Chemical Society. – 2016. – V. 138, No. 20. – P. 6315 – 6323.

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

**УДК 004.896:621.941.1-52**

*Д. А. Егоров\**

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТОВ РАЗРАБОТКИ ПОСТПРОЦЕССОРОВ SIEMENS NX ДЛЯ ТОКАРНЫХ СИСТЕМ: POST BUILDER ПРОТИВ POST CONFIGURATOR**

В статье проведено сравнение технических возможностей инструментов Post Builder и Post Configurator при настройке постпроцессоров для токарных станков в среде Siemens NX.

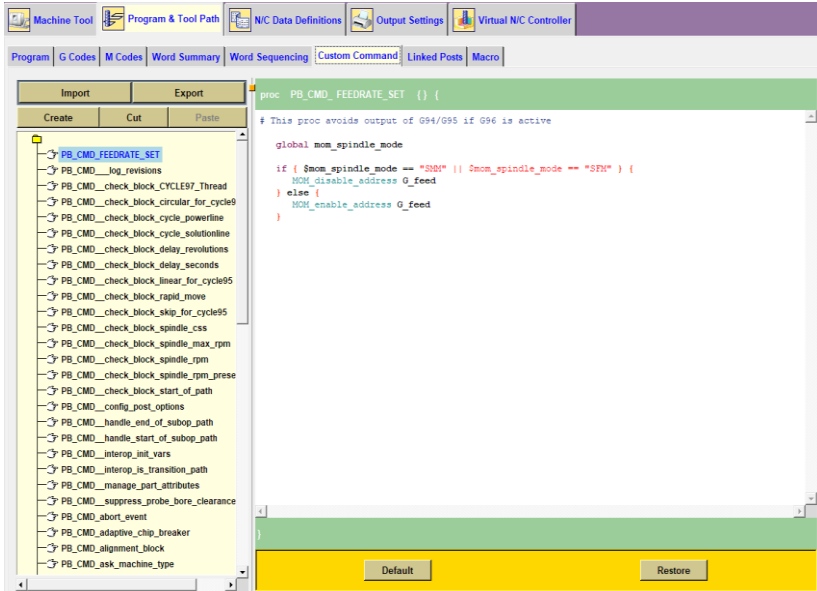
Когда нужно настроить вывод кода из NX для токарного станка, перед технологом встает выбор между двумя инструментами: старым Post Builder и новым Post Configurator. Разница между ними огромная, и она напрямую влияет на то, как быстро станок запустится в серию и сколько ошибок будет в программе. Настройка токарного кода имеет свои тонкости, и то, как эти программы справляются с ними, определяет удобство работы [1].

Post Builder – это программа, которой пользовались много лет. Вся работа в ней строится на написании скриптов. Если нужно поменять что-то в коде, например, сделать так, чтобы станок понимал диаметры вместо радиусов, приходится лезть в программный код и писать там условия. Это долго и сложно, потому что любая опечатка или лишняя запятая приведет к тому, что постпроцессор просто перестанет выдавать

---

\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ФГБОУ ВО «ТГТУ» М. В. Соколова.

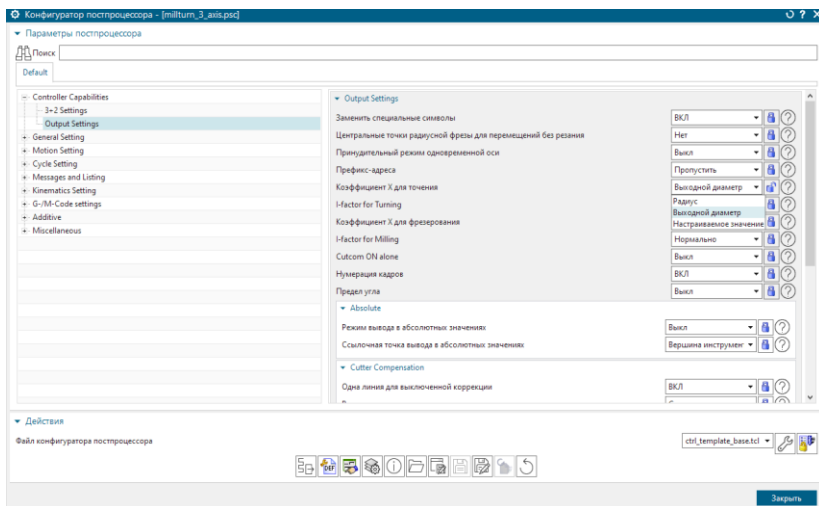
программу. Для токарной обработки в этой среде нужно вручную прописывать почти все: как вызывается инструмент, как включаются обороты и как работают циклы. Это требует от человека навыков программиста, а не просто технолога.



**Рис. 1. Интерфейс Post Builder: работа с программным кодом на языке Tcl для настройки вывода переменных**

Post Configurator – это современный инструмент, где все устроено иначе. Здесь не нужно писать код вручную. Большинство настроек уже заложено в программу. Просто выбираете нужные параметры в меню. Для токарных станков это настоящее спасение. Например, переключение между диаметром и радиусом по оси X делается нажатием одной кнопки в настройках осей. Выбор стойки станка Fanuc или Siemens, подгружает готовые правила, по которым станок должен работать. Это сильно экономит время и страхует от ошибок, которые случаются в Post Builder.

Если сравнивать, как эти программы работают с токарными циклами, то новый конфигуратор явно выигрывает. Циклы для черновой обработки или нарезки резьбы в нем уже настроены. Достаточно поставить галочку, и NX сам соберет правильную строчку для станка. В старой программе создание таких циклов было настоящей проблемой.



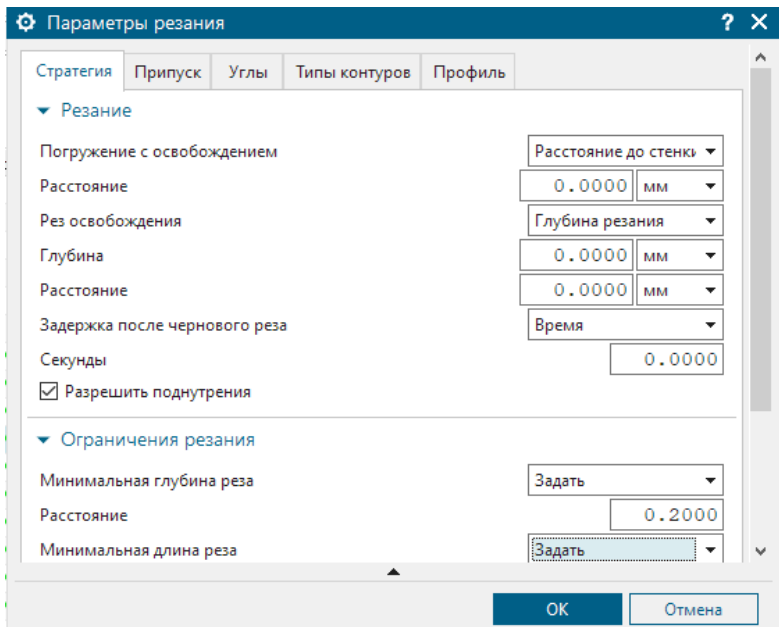
**Рис. 2. Настройка параметров токарной обработки в Post Configurator через графическое меню**

Приходилось вручную связывать переменные из NX с буквами в коде цикла. Программистам приходилось тратить часы на исправление вывода каждой цифры [2].

Важным преимуществом современного подхода является тесная интеграция постпроцессора с параметрами самой операции в NX CAM. Технолог может управлять сложными стратегиями, такими как поднутрения или ограничения резания по глубине и длине, непосредственно в интерфейсе параметров резания. Post Configurator автоматически подхватывает эти данные в команды ЧПУ. В старом инструменте для передачи таких тонких настроек стратегии в итоговый код часто требовалось написание логических условий, что значительно усложняло процесс.

Еще одно важное отличие – это работа с современными станками. Операционные центры имеют возможность установки приводного инструмента или второго шпинделя. Настроить такой станок в старой программе невозможно без помощи профессиональных программистов. Новый интерфейс позволяет визуально настраивать работу. Это делает его единственным вариантом для современных заводов с новым оборудованием.

Post Configurator избавляет технолога от необходимости быть программистом и позволяет сосредоточиться на основной работе. Пользоваться таким инструментом – это результат времени, дающий безопасность и вариативность [3].



**Рис. 3. Использование встроенного отладчика для верификации каждой строки управляющей программы**

### Список литературы

1. Ведмидь, П. А. Основы работы в системе NX CAM / П. А. Ведмидь. – Екатеринбург : УрФУ, 2017. – 160 с.
2. Данилов, Ю. С. Программирование обработки в NX CAM / Ю. С. Данилов. – М. : ДМК Пресс, 2016. – 304 с.
3. Цифровое машиностроение [Электронный ресурс, мультимедиа] : учебное пособие / М. Н. Краснянский, В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов и др. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2023 – 267 с.

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

*А. М. Коломлин\**

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ ЛОПАСТНОГО ВИНТА**

Построение САД-модели по физическому образцу является одной из ключевых задач современного цифрового машиностроения [1]. При теоретическом описании метода реверс-инжиниринга часто совершаются ошибки, связанные с недооценкой сложности обработки исходных данных. В частности, использование неочищенного облака точек без удаления шумов и выбросов приводит к появлению артефактов на поверхности модели [2]. Особенно критично это для лопастных винтов, где геометрия входных и выходных кромок напрямую влияет на аэродинамические характеристики.

При проведении эксперимента по реверс-инжинирингу двухлопастного винта из полимерного материала использовалось 3D-сканирование с получением облака точек. Исходный образец представлен на рис. 1.



**Рис. 1. Исходный образец лопастного винта из полимерного материала**

---

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

В ходе выполнения работы по реверс-инжинирингу двухлопастного винта из полимерного материала одной из задач являлось получение качественного трехмерного скана для последующего построения САД-модели. На первом этапе исходный образец был аккуратно закреплен в пластиковые мини-тиски, что обеспечило его неподвижность и исключило вибрации в процессе сканирования. Само сканирование выполнялось с использованием лазерного ручного 3D-сканера. Благодаря тому, что деталь была надежно зафиксирована, удалось провести захват всей ее геометрии за одну итерацию – сканер «прошел» по поверхности винта со всех сторон без остановки, что позволило получить единое облако точек без необходимости последующего сшивания и выравнивания отдельных кадров. Такой подход значительно упростил дальнейшую обработку данных и минимизировал вероятность появления артефактов на стыках фрагментов. Облако точек, полученное при сканировании (60 000 точек), показано на рис. 2.

Перед построением полигональной сетки необходимо выполнять очистку скана от шумов в специализированном ПО (например, Geomagic). Для лопастных геометрий наиболее эффективным оказалось полиповерхностное моделирование, при котором лопасть строится как набор поверхностей: спинка, корыто, входная и выходная кромки. Такой подход позволяет сохранить аэродинамически значимые зоны с минимальными искажениями.

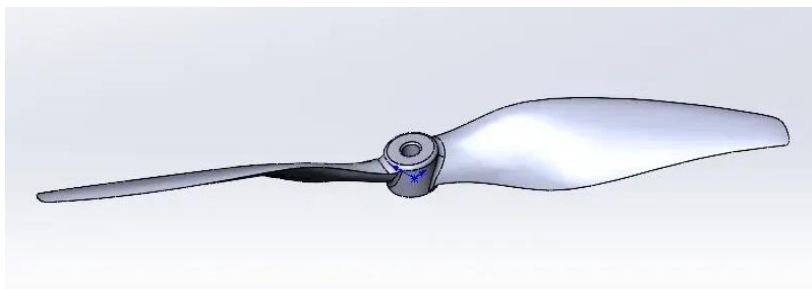
На основе полигональной сетки построена твердотельная модель.



**Рис. 2** Облако точек, полученное при 3D-сканировании винта

В ходе проведенных экспериментов установлено, что в зоне среднего сечения лопасти отклонение построенной модели от исходного скана не превышает 0,08 мм, что является приемлемым для большинства практических задач. Контроль точности выполнялся по цветовой карте отклонений, встроенной в ПО Geomagic [3].

Для построения твердотельной модели лопасти использовался метод полиповерхностей в среде Geomagic. Данный метод позволяет последовательно создать спинку и корыто лопасти, затем сшить их с образованием единого тела. Особое внимание уделялось зоне сопряжения лопасти со ступицей, так как в этой области традиционно возникают наибольшие погрешности при автоматической обработке. Результат построения модели представлен на рис. 3.



**Рис. 3. Твердотельная модель винта, построенная в Geomagic**

После завершения построения модели необходимо проверить ее пригодность для последующего изготовления. Полученная CAD-модель может быть использована для фрезерования на станке с ЧПУ или для создания пресс-формы под литье. Важно отметить, что из-за сложной криволинейной геометрии лопастей применение традиционных субтрактивных методов (фрезерование) требует использования 5-осевого оборудования. Альтернативой является аддитивное производство или литье по выжигаемым моделям [4].

При выборе метода изготовления следует учитывать несколько факторов. Во-первых, точность построенной модели (отклонение до 0,08 мм в среднем сечении) позволяет использовать ее для большинства технологических процессов без дополнительной доработки. Во-вторых, материал исходного образца – полимер – накладывает ограничения на выбор технологии: при литье под давлением необходимо учитывать усадку материала, что требует введения поправочных коэффициентов

в геометрию модели. В-третьих, для серийного производства экономически целесообразным является именно литье под давлением, в то время как для единичного или мелкосерийного – аддитивные технологии или фрезерование.

Стоит отметить, что на данный момент целью данных экспериментов служит выявление метода получения точного взаимоотношения между исходным физическим образцом и построенной САД-моделью, а не определение абсолютных значений технологических параметров. Кроме того, погрешность сканирования и последующего моделирования сопоставима с допусками на изготовление аналогичных деталей традиционными методами, что подтверждает практическую применимость предложенного подхода.

### Список литературы

1. Цифровое машиностроение / М. Н. Краснянский, В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов и др. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2023. – 266 с.

2. Ляпков, А. А. Полимерные аддитивные технологии : учебное пособие для вузов / А. А. Ляпков, А. А. Троян // Лань : электронно-библиотечная система. – 2-е изд., стер. — СПб. : Лань, 2024. – 120 с. – URL : <https://e.lanbook.com/book/402005> (дата обращения: 07.05.2026).

3. Чертов, А. Н. Современные оптические методы бесконтактных геометрических измерений и восстановления 3D-формы поверхности объектов: обзор / А. Н. Чертов, Д. Д. Хохлов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2024. – Т. 24, № 6. – С. 923 – 935.

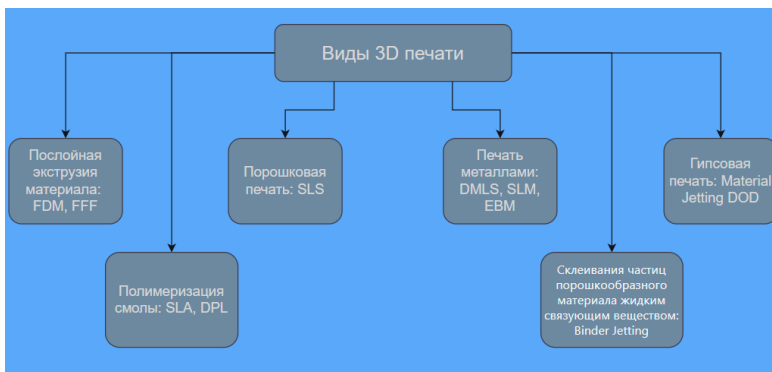
4. Жуков А.В., Никифоров А.А., Яковишин А.С. Пластмассы для аддитивных технологий (обзор) // Вестник СГТУ. — 2021. — № 4 (91). — С. 57–70.

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

*А. И. Лаврин\**

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ИЗДЕЛИЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ПРИ ПОМОЩИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Быстрое развитие аддитивного производства превратило 3D-печать из инструмента для создания прототипов в технологию, пригодную для полномасштабного производства. На сегодняшний день существует множество разновидностей, которые представлены на рис. 1.



**Рис. 1. Разновидности 3D-печати**

Одной из наиболее сложных задач на этом этапе является обеспечение герметичности печатных компонентов, что часто осложняется особенностями послойного изготовления. Это делает особенно важным системный подход к прогнозированию и достижению герметичности. В данной статье проведем сравнение герметичности изделий, произведенных двумя методами 3D-печати: FDM (Fused Deposition Modeling) и SLA (Stereolithography).

Технология послойного наплавления (FDM) является одним из наиболее распространенным и доступным методом в наше время. Он представляет собой послойное создание физического объекта путем

---

\* Работа выполнена под руководством кандидата технических наук, заведующего кафедрой «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ФГБОУ ВО «ТГТУ» С. В. Карпова.

выдавливания расплавленной пластиковой нити на рабочий стол или предыдущие слои в соответствии с траекторией, заданной программой [1].

Технология стереолитографии (SLA) является наиболее старым методом 3D-печати, запатентованный Чарльзом Халлом в 1986 году. В основу данного метода входит послойное отверждение фотополимерной смолы под воздействием ультрафиолетового свечения. [2]

В качестве испытательной модели мною был выбран цилиндр с внутренним отверстием, размеры которого представлены на рис. 2.

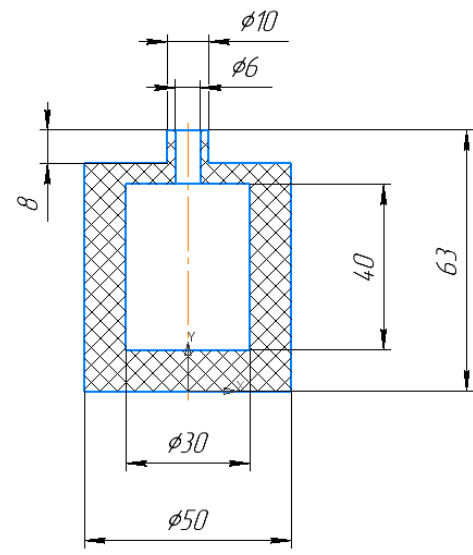


Рис. 2. Эскиз испытываемой модели

Печать методом FDM осуществлялась с использованием 3D-принтера Bambu Lab P1S и ПЛА (Полилактид) пластика. Данный вид пластика является биоразлагаемым и изготавливается из кукурузы и сахарного тростника. Отсутствие запаха и усадки делают его одним из наиболее востребованным на рынке 3D-печати. Изделия из ПЛА пластика получаются жесткими и прочными, но хрупкими. В качестве материала для печати мною был выбран филамент MATTE PLA от производителя ELEGOO [3].

Печать методом SLA осуществляется с использованием 3D-принтера Anycubic Photon Mono 7. В качестве материала для печати использовалась ABS-подобная смола Anycubic ABS-Like Resin Pro 2.

Данная фотополимерная смола своими механическими свойствами имитирует ABS-пластик. Данный материал обладает повышенной ударной вязкостью, прочностью и эластичностью. Благодаря данным характеристикам ABS-подобные смолы идеально подходят для изготовления функциональных прототипов [4].

Для проведения исследования герметичности изделий мной использовалась установка (рис. 3), состоящая из двухступенчатого вакуумного насоса Votka 2Z-1.5 и манометрической станции с ценой деления 1 кПа. Принцип действия испытания заключается в следующем: испытуемую деталь закрепляем с шлангом через силиконовую трубку и металлический хомут. Далее откручиваем синий вентиль, включаем вакуумный насос и создаем отрицательное давление, после чего закручиваем вентиль и засекаем время. Время эксперимента – 5 минут.



**Рис. 3. Экспериментальная установка**

В ходе проведения эксперимента мы получили следующие результаты: деталь, изготовленная методом FDM из ПЛЛ-пластика, после начала опыта моментально начал терять вакуум, в то время как у детали, изготовленной методом SLA из фотополимерной смолы Anusubic ABS-Like Resin Pro 2, за время проведения опыта давление не изменилось.

Исходя из данных, полученных в ходе этого эксперимента, можно сделать вывод: FDM-детали не обеспечивают вакуумной герметичности из-за наличия слабой межслойной адгезии – сцепление между двумя слоями одного или разных материалов, в то время как SLA-изделия

демонстрировали свойства монолитного тела. Таким образом, для производства деталей с высокой вакуумной герметичностью больше подходят SLA-детали чем FDM из-за своей монолитной структуры.

### Список литературы

1. Хуснутдинова, Э. М. Разработка технологического процесса контроля качества продукции, произведенной методом FDM-печати / Э. М. Хуснутдинова, Ю. М. Хантимерова // XXVI Туполевские чтения (школа молодых ученых) : сб. докл. Междунар. молодеж. науч. конф., Казань, 09–10 ноября 2023 года. – Казань : ИП Сагиев А.Р., 2023. – С. 618 – 623.

2. Полушкин, Д. П. 3D-печать методом SLA / Д. П. Полушкин // Инновационное развитие. – 2018. – № 1(18). – С. 24–25.

3. Гаврилей, А. А. Особенности эксплуатации разновидностей PLA-пластика в аддитивном производстве / А. А. Гаврилей // Лучшая научная статья 2024 : сб. ст. VIII Междунар. науч.-исслед. конкурса, Пенза, 15 апреля 2024 года. – Пенза : Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г. Ю.), 2024. – С. 11 – 14.

4. Огурцов, В. С. Анализ свойств аналогов фотополимеров для внедрения аддитивных технологий в консервативное производство шестерен гальванического барабана / В. С. Огурцов // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2025. – № 9. – С. 83 – 91.

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

*О. А. Овсянников\**

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЙ**

Рассмотрен опыт применения информационного моделирования (BIM) для повышения безопасности административно-бытового здания на этапах проектирования, строительства и эксплуатации. Продемонстрированы возможности 3D-модели для оптимизации эвакуационных маршрутов, планирования систем доступа, анализа микроклимата и интеграции компонентов пожарной защиты. Описаны методологические подходы (LOD, IFC, clash detection, цифровой двойник) и полученные результаты: снижение проектных ошибок (~40%) и улучшение координации/управления рисками. Даны рекомендации по внедрению BIM и отмечены ограничения (отсутствие единых стандартов, необходимость подготовки специалистов, начальные инвестиции).

Цель – обосновать эффективность BIM-технологий для обеспечения безопасности при проектировании и эксплуатации административного здания.

Задачи:

- Описать ключевые BIM-подходы (стандарты IFC, уровни детализации LOD, автоматическая проверка clash detection, концепция цифрового двойника).
- Показать примеры применения BIM для решения задач безопасности: оптимизация эвакуации, планирование доступа (СКУД), обеспечение нормативного микроклимата, интеграция систем пожарной безопасности.
- Проанализировать влияние BIM на снижение ошибок и переделок, уменьшение рисков и экономию ресурсов.
- Разработать рекомендации по практическому внедрению BIM-процессов для повышения безопасности.
- Используется концепция единой информационной модели здания (BIM) на протяжении всего жизненного цикла объекта. Основные компоненты методики:

---

\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Информационные процессы и управление» ФГБОУ ВО «ГПТУ» Б. С. Дмитриевского.

- IFC (Industry Foundation Classes): открытый международный формат обмена BIM-данными (ГОСТ Р 10.0.02-2019), обеспечивающий машинопонятный перенос геометрии и атрибутов между программами.

- LOD (Level of Development): уровни детализации модели (LOD 100–500) для определения полноты графической и информационной проработки элементов на разных стадиях.

- Clash detection: автоматический поиск коллизий между системами (ОВК, ВК, ЭОМ и др.) на стадии проектирования. Раннее выявление конфликтов (например, просчеты установки оборудования) предотвращает ошибки в строительстве.

- Цифровой двойник: расширенная BIM-модель, синхронизированная с реальным объектом через датчики и интеграцию BIM-as-operated. Поддерживает мониторинг состояния систем (доступ, микроклимат, пожар) в режиме реального времени.

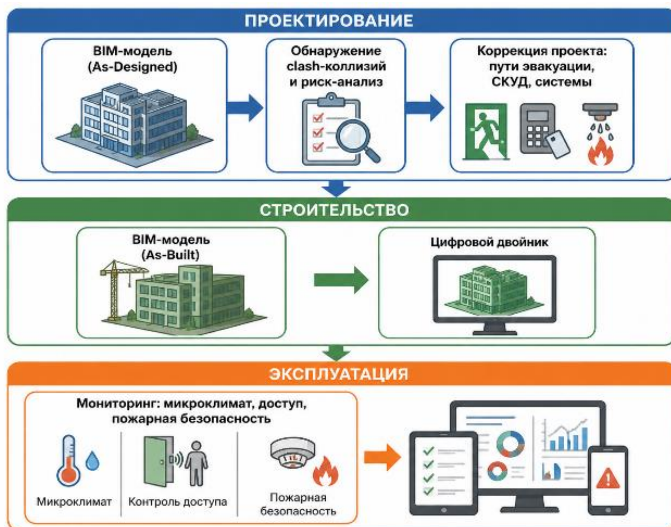
- Интеграция As-Designed / As-Built / As-Operated: процесс, при котором проектная модель (as-designed) после строительства дополняется информацией «как построено» (as-built) и далее сопровождается эксплуатационными данными (as-operated). Это обеспечивает актуальность данных о конфигурации объекта и его системах.

Моделирование BIM позволяет выявлять потенциальные опасности и управлять рисками на всех этапах. За счет виртуального анализа строительных процессов можно заранее находить узкие места (коллизии коммуникаций, неучтенные пути эвакуации, зоны доступа) и прорабатывать меры их устранения.

На этапе проектирования BIM-модель (As-Designed) применяется для выявления коллизий инженерных систем и проведения риск-анализа. Это позволяет на ранних стадиях скорректировать проектные решения, включая оптимизацию путей эвакуации, размещение систем контроля и управления доступом, а также элементов противопожарной защиты. На этапе строительства формируется актуализированная модель (As-Built), отражающая фактическое состояние объекта, которая служит основой для создания цифрового двойника здания. В процессе эксплуатации цифровой двойник используется для мониторинга параметров микроклимата, контроля доступа и обеспечения пожарной безопасности (рис. 1).

Представленная схема демонстрирует сквозную интеграцию информационной модели здания от стадии проектирования до эксплуатации, что обеспечивает повышение уровня безопасности, снижение вероятности ошибок и эффективное управление объектом.

На примере административно-бытового здания (офисы, лаборатории, учебные и бытовые помещения) с большим числом сотрудников рассмотренные кейсы представлены в табл. 1.



**Рис. 1. Схема применения BIM-технологии для обеспечения безопасности на этапах жизненного цикла строительного объекта**

### 1. Результаты сравнительного анализа рассмотренных кейсов

Показатель	Традиционный подход	BIM-подход
Анализ эвакуации	Расчеты по нормативам на 2D-планах	3D-моделирование маршрутов и динамические симуляции
Координация систем	Раздельные чертежи; частые коллизии на стройке	Единая BIM-модель; автоматическое clash-detection
Планирование доступа	По двумерным схемам; ручная настройка СКУД	Интегрированная модель СКУД с учетом сценариев
Проектирование пожарной защиты	Отдельные схемы; ручная проверка систем	BIM-модель включает ПБС (огнетушители, выходы); виртуальное тестирование
Количество ошибок	Высокий уровень (несогласованность документации)	Снижение примерно на 40%

Проведен анализ показал следующие эффекты внедрения BIM для безопасности:

- Снижение проектных ошибок: по оценкам, примерно на 40% снизилась вероятность ошибок в проектной документации, что исключает многие переделки в строительстве.
- Улучшение координации: все разделы проектной документации выполняются на единой модели, что устраняет расхождения (по опыту проекта – существенно улучшена междисциплинарная координация).
- Уменьшение рисков: возможность моделирования путей эвакуации и аварийных ситуаций повысила готовность к ЧС. Использование BIM для анализа пожарного риска повышает общую защищенность объекта. Точные численные оценки снижения аварийности не приведены.
- Экономия ресурсов: благодаря BIM-координации сокращены затраты на переделки (количественно не рассчитаны). По отраслевым данным, применение BIM в проектировании обычно позволяет экономить 5–30% бюджета. В конкретном случае дополнительные вычисления не проводились, но ожидается экономия за счет снижения ошибок и согласовательных процедур.

Рекомендации по внедрению и ограничения:

- Стандартизация: определить требования к BIM-модели для систем безопасности (задать LOD/LOI для эвакуации, СКУД, ПБС). Разрабатывать BIM-содержимое в соответствии со стандартами IFC и отраслевыми СП.
- Организация процессов: внедрять BIM через BIM Execution Plan, назначить координаторов, провести обучение сотрудников. Обеспечить совместимость ПО и использование IFC при обмене моделями.
- Технологические ограничения: результаты зависят от качества исходных данных и моделей; необходимо обеспечить актуальность атрибутов (характеристики сенсоров, параметров пожарных систем и пр.). Ограничение – частичное отсутствие готовых семейств оборудования безопасности, что требует их самостоятельной разработки.
- Экономические и организационные факторы: начальные затраты на лицензии ПО и обучение могут быть высоки. Затраты окупаются на крупных проектах с комплексной системой безопасности. Требуется поддержка руководства и наличие BIM-стратегии.
- Нормативная база: сегодня в России нет полноценных ГОСТ/СП по BIM-безопасности. Необходимо опираться на лучшие практики и международные стандарты, вырабатывать внутренние методики проверки.

BIM-технологии дают заметный вклад в повышение безопасности административного здания. Единая цифровая модель позволяет заранее

выявлять конфликты, обрабатывать сценарии эвакуации и оптимизировать инженерные решения. В результате применения BIM снизилось число ошибок в проекте, улучшилась координация, повысился уровень управления рисками. Эти улучшения ведут к уменьшению затрат и повышению надежности эксплуатации. При этом для полного эффекта необходимы стандарты, обучение персонала и скрупулезная организация BIM-процессов. В целом, интеграция BIM подтверждает свою эффективность в реализации безопасности объектов.

### Список литературы

1. ГОСТ Р 10.0.02–2019. Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Отраслевые базовые классы (IFC).
2. Интеллектуальная система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре на основе BIM-моделирования / Г. А. Лазарев, А. С. Федоров и др. // Научный журнал. – 2022. – № 2(64).
3. Что такое BIM-технологии и как они облегчают строительство. Инжиниринговый центр «ТехноНИКОЛЬ» (15.01.2025).

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

**УДК 621.833**

*Е. А. Соболев\**

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС-ПРОТОТИПОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ FDM-ПЕЧАТИ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРИ РАЗНОЙ ОРИЕНТАЦИИ СЛОЕВ**

В отличие от металлических зубчатых колес, получаемых механической обработкой или литьем, полимерные колеса, изготовленные методом FDM, используются в качестве функциональных прототипов для малонагруженных передач (робототехника, бытовая техника).

---

\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ФГБОУ «ТГТУ» М. В. Соколова.

Цель настоящей работы – не замена металла, а оценка пригодности различных пластиков для быстрого прототипирования зубчатых колес с управляемой анизотропией свойств.

Основная проблема FDM-печати зубчатых колес – анизотропия свойств, обусловленная послойным формированием. Механические характеристики существенно различаются вдоль и поперек направления укладки слоев. Для зубчатого колеса это проявляется в разной способности зубьев сопротивляться изгибной нагрузке в зависимости от того, как ориентирована деталь на столе принтера.

Цель работы – экспериментально оценить влияние ориентации печати и материала на прочность зуба для четырех пластиков (PLA, ABS, PETG, нейлон) и сравнить полученные прототипы на статическую изгибную прочность зуба с алюминиевым эталоном.

В качестве объектов исследования выбраны прямоугольные цилиндрические зубчатые колеса со следующими параметрами колеса:  $m = 2$  мм,  $z = 20$ ,  $b = 10$  мм.

Печать: FDM, высота слоя 0,2 мм, 100% заполнение. Три ориентации: горизонтальная ( $0^\circ$ ), диагональная ( $45^\circ$ ), вертикальная ( $90^\circ$ ) – но в анализ взяты крайние ( $0^\circ$  и  $90^\circ$ ). Испытания: статический изгиб зуба. Эталон – колесо из алюминиевого сплава, изготовленное традиционным методом зубофрезерования. Алюминиевое колесо послужило эталоном для оценки абсолютной прочности.

Испытания проводились на универсальной разрывной машине с пределом нагрузки 10 кН. Нагрузка прикладывалась к одному из зубьев колеса через жесткий ролик до момента разрушения (для пластиков) или до появления остаточной деформации (для алюминия). Ключевой фиксируемый параметр – максимальная разрушающая нагрузка  $F_{max}$  (Н). Дополнительно проводился визуальный и микроскопический анализ характера разрушения пластиковых образцов.

Результаты испытаний на статический изгиб зуба представлены в табл. 1. Для каждого материала указаны средние значения разрушающей нагрузки для трех типов ориентаций. Для алюминия приведено справочное расчетное значение на основе предела текучести.

Из данных таблицы видно, что для всех исследованных пластиков горизонтальная ориентация печати ( $0^\circ$ ) обеспечивает наивысшую прочность. Вертикальная ориентация ( $90^\circ$ ) приводит к резкому падению нагрузки из-за разрушения по межслойным границам.

Сравнение с алюминиевым эталоном: наилучший пластик (нейлон, 400 Н) уступает алюминию ( $\approx 2500$  Н) примерно в 6 раз. При этом дешевый PLA в 8 раз слабее алюминия, а PLA при вертикальной печати – в 70 раз. Это наглядно демонстрирует границы применимости полимерных прототипов.

## 1. Средняя разрушающая нагрузка для исследуемых материалов

Материал	0° Н	45° Н	90° Н	Характер разрушения (0°/45°/90°)
PLA	320	210	35	разрыв/смеш./расслоение
ABS	260	180	80	разрыв/смеш./расслоение
PETG	290	210	60	разрыв/смеш./расслоение
Нейлон	400	310	140	разрыв/смеш./расслоение
Ал. Д16Т	≈ 2500*	–	–	–

\* Расчетное значение изгибного напряжения у ножки зуба для колеса модуля 2 мм при пределе текучести алюминия 350 МПа.

Максимальная прочность при 0° объясняется тем, что непрерывные волокна пластика проходят вдоль зуба, воспринимая нагрузку. При 90° нагрузка действует поперек слоев, вызывая расслоение – адгезия между слоями значительно ниже прочности материала.

Как указывают В. М. Медунецкий с соавторами, «основными преимуществами полимерных зубчатых колес являются снижение массы, шумности и стоимости изготовления, однако область их применения ограничена передачами малой и средней мощности» [1]. Полученные данные подтверждают это: замена алюминия на пластик возможна только при снижении нагрузки в 6 и более раз.

Рекомендации по выбору материала:

PLA: низкая стоимость и простота печати и самая низкая прочность и хрупкость. Идеален для первичной проверки геометрии;

ABS: хорошая ударная вязкость и термостойкость, но требует закрытой камеры при печати. Подходит для функциональных прототипов в робототехнике;

PETG: технологический компромисс, сочетая простоту печати (как у PLA) и улучшенные механические свойства, близкие к ABS;

Нейлон: лучшая прочность среди пластиков, но сложность печати и гигроскопичность делают его выбор оправданным только для ответственных прототипов.

Рекомендация: для функциональных прототипов – горизонтальная печать (0°) и выбор пластика по нагрузке: PLA (до 50 Н), PETG/ABS (до 100 Н), нейлон (до 200 Н). При нагрузках >500 Н – только металл.

## Заключение

1. Ориентация печати – критический фактор. Разница в нагрузке между 0 и 90° – 3 – 9 раз.
2. Лучший пластик – нейлон (400 Н при 0°), худший при вертикальной печати – PLA (35 Н).
3. Характер разрушения: при 0° – разрыв волокон, при 90° – расслоение.
4. Пластики уступают алюминию в 6 раз, пригодны только для прототипов в малонагруженных узлах.
5. Рекомендована горизонтальная печать (0°) для всех функциональных прототипов.

## Список литературы

1. Использование полимерных композиционных материалов в цилиндрических зубчатых передачах / В. М. Медунецкий, М. В. Абрамчук, С. Ю. Перепелкина и др. // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. – 2024. – Т. 67, № 10. – С. 878 – 886.

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

**УДК 544.6**

***А. Н. Тимиргалиев, Н. С. Воронин\****

## **ЕМКОСТНАЯ ДЕИОНИЗАЦИЯ ВОДЫ С ПОМОЩЬЮ ВЫСОКОПОРИСТЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ**

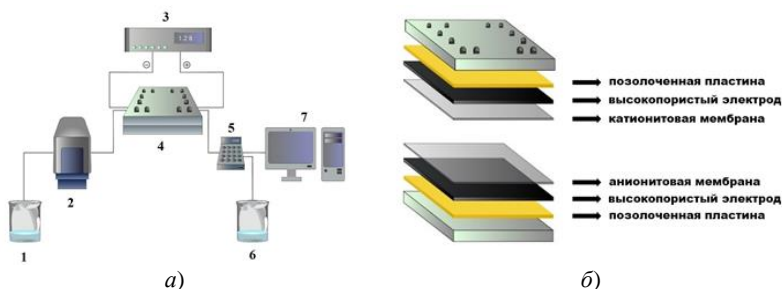
Дефицит пресной воды для различных нужд – от питьевой до водопотребления в сельском хозяйстве – является глобальной проблемой, особенно актуальной для стран с засушливым климатом и обширными морскими побережьями. В связи с этим, поиск более эффективных и менее энергоемких способов удаления солей из воды, в том числе морской, приобретает первостепенное значение. Среди существующих традиционных методов, таких как дистилляция, выпарка, мембранные технологии (обратный осмос, ультрафильтрация) и ионообмен, обратный осмос доминирует в мировой практике.

---

\* Работа выполнена под руководством кандидата технических наук, доцента кафедры «Техника и технологии производства нанопроductов» ФГБОУ ВО «ТГТУ» И. В. Бураковой.

Тем не менее, метод емкостной деионизации демонстрирует значительные преимущества в плане энергоэффективности по сравнению с обратным осмосом. Его ключевые достоинства – отсутствие необходимости в высоком давлении и использование низкого напряжения (не более нескольких вольт), что делает его безопасным и привлекательным для широкого применения. В установке емкостной деионизации поток опресняемой воды проходит между двумя пористыми электродами с высокой площадью удельной поверхности (300...2500 м<sup>2</sup>/г), между которыми создается разность потенциалов ≤ 1,2 В. В процессе емкостной деионизации происходит разделение и поглощение заряженных ионов загрязнителя.

Лабораторная установка для емкостной деионизации воды (рис. 1) состоит из источника питания, перистальтического насоса, емкостей для исходного и очищенного раствора, ячейки ЕМД и кондуктометра для измерения электропроводности аликвот раствора, которые отбирают после рабочей ячейки.



**Рис. 1. Схема лабораторной установки:**

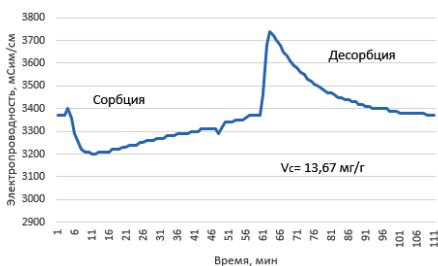
- а*: 1 – раствор соли; 2 – перистальтический насос; 3 – потенциостат;  
 4 – ячейка; 5 – кондуктометр; 6 – слив; 7 – компьютер;  
*б* – схема электрохимической ячейки

Разработана методика получения высокопористых электродных углеродных наноконкомпозитов, включающих углеродные нанотрубки. Первый этап – смешение исходных компонентов: сульфата меди; этилендиамина и дистиллированной воды. В результате образуется раствор комплекса меди с этилендиамином. В отдельной емкости растворяют гидроксид натрия в дистиллированной воде, переливали при интенсивном перемешивании к раствору медного комплекса. В качестве связующего использовали целлюлозу. Предварительно измельченную смесь мезопористого углерода (удельная поверхность по БЭТ (по азоту) 3260 м<sup>2</sup>/г, (удельный объем пор по DFT 1,686 см<sup>3</sup>/г) с углеродными нанотрубками Таунит-М (наружный диаметр 10...20 нм, производство ООО НаноТехЦентр,

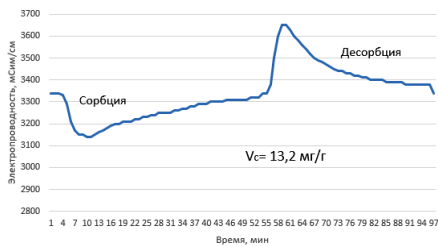
Тамбов, Россия) в массовом соотношении 10:1 тщательно смешивают с раствором целлюлозы. Полученная смесь формируется в прямоугольном шаблоне. Полученный электрод погружают в слабый раствор соляной кислоты, после чего промывают дистиллированной водой до удаления кислоты и солей меди и этилендиамина.

Эффективность полученных электродов оценивалась в процессе емкостной мембранной деионизации модельного солевого раствора (0,3% NaCl в дистиллированной воде).

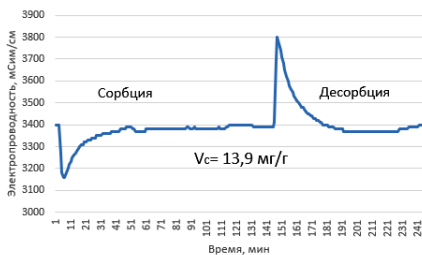
В результате проведенных экспериментов установлена сорбционная емкость электродного нанокompозита, которая варьируется в диапазоне 13...15 мг/г.



а)



б)



в)

Рис. 2. Кинетика сорбции модельного солевого раствора

## 1. Сравнение сорбционной емкости по модельному солевому раствору разработанного электродного нанокompозита с мировыми аналогами

Наименование материала	Сорбционная емкость (мг/г)
Упорядоченные мезопористые угли (1400 м <sup>2</sup> /г) [1]	6...10
Ткань из активированного угля (Zorflex FM-100) (1200 м <sup>2</sup> /г) [2]	9
Электроды из активированного угля на основе скорлупы кокосового ореха (2105 м <sup>2</sup> /г) [3]	9,72
Высокопористые активированные угли из древесины <i>Leucaena leucosephala</i> (1900...2326 м <sup>2</sup> /г) [4]	0,41...2,1
Композит из ультрапористого углерода (на основе подсолнечника и оксида графена), УНТ и целлюлозы	13...14

Сравнение эффективности полученного ультрапористого углеродного нанокompозита с представленными в мировой научной литературе аналогами показано в табл. 1. Установлено, что сорбционная способность по модельному солевому раствору разработанного композитного материала в 1,5 – 3 раза превосходит мировые аналоги.

### Список литературы

1. Desalination stability of capacitive deionization using ordered mesoporous carbon: Effect of oxygen-containing surface groups and pore properties. / F. Duan, X. Du, Y. Li, et al. // *Desalination*. – 2015. – V. 376. – P. 17 – 24.
2. Desalination and disinfection of inland brackish ground water in a capacitive deionization cell using nanoporous activated carbon cloth electrodes / K. Laxman, M. T. Z. Myint, M. Al Abri, et al. // *Desalination*. – 2015. – V. 362. – P. 126 – 132.
3. Improved performance in capacitive deionization of activated carbon electrodes with a tunable mesopore and micropore ratio / C. L. Yeh, H.C. Hsi, K. C. Li, C. H. Hou // *Desalination*. – 2015. – V. 367. – P. 60 – 68.
4. Highly porous activated carbons from resource-recovered *Leucaena leucocephala* wood as capacitive deionization electrodes / C. H. Hou, N. L. Liu, H. C. His // *Chemosphere*. – 2015. – V. 141. – P. 71 – 79.

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

*А. Н. Трунов\**

## **К ВОПРОСУ АКУСТИЧЕСКОЙ МЕТОДИКИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ИЗНОСА РЕЗЦА ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ**

Для осуществления измерения необходимых параметров акустических сигналов при токарной обработке металлов с достаточной точностью для описания каких-либо выводов была предложена методика [1]. При ее практическом применении оказалось, что многие описанные компоненты не способны осуществить передачу необходимой информации без уточняющих дополнительных действий. В данной статье представлены уточненные результаты исследований, найденные при апробировании ранее предложенной методики [2 – 4].

Измерения акустических параметров при обработке металла токарным резцом на станке являются самой важной частью исследования процесса. При теоретическом описании метода были совершены грубые ошибки – использовался довольно дешевый некалиброванный USB микрофон с неизвестным откликом ЭДС на давление звука, предназначенный для записи и/или передачи человеческой речи. Измерения механической обработки уходят далеко за частотный диапазон человеческого голоса, как в большую, так и в меньшую сторону, так что при использовании такого измерительного инструмента было бы крайне проблематично подтвердить правильность полученных значений.

При проведении эксперимента для определения частотно-амплитудных характеристик использовалась программа Audacity. В ее базовом состоянии, анализ звука проводится относительно точки с наибольшим значением амплитуды. Так как неизвестно, какая именно амплитуда относительно уровня давления звука является максимальной при каждом измерении, и непонятно, как именно присвоить к абсолютной шкале уже полученные значения, все проведенные ранее тесты являются неинформативными и в корне своем неверными.

Приняв во внимание все описанное выше, необходимо установить на программное обеспечение дополнительные модули, позволяющие перевести относительные значения дБ в абсолютные, желательно оттал-

---

\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ФГБОУ «ГГТУ» М. В. Соколова.

квиваясь от стандартных 20 мкПа, и привязать к нему значения по таблице, полученной при калибровке микрофона, предназначенного для съема характеристик в более широком частотном диапазоне. Исначальный вид экспериментальной установки можно увидеть на рис. 1.



**Рис. 1. Экспериментальная установка для записи акустических параметров при токарной обработке**

После снятия значений испускаемых звуковых волн необходимо измерить получившуюся геометрию резца и параметры выгачиваемой детали. Для определения шероховатости заготовки и износа резца используются микроскопы.

Измерение шероховатости происходит по стандартной методике на микроскопе МИС-11, а при измерении радиуса заточки (износа) резца применялся микроскоп УИМ-21 со специальным магнитным штативом для закрепления и позиционирования резца (наиболее изнашивающейся кромки) в поле зрения окуляра.

Специальный магнитный штатив применяется для более удобного процесса расположения резца относительно линзы УИМ-21, закрепляемый на части стола и затянутый в одном определенном положении.

Как видно из рис. 2, резец крепится на колено магнитного штатива в поле зрения окуляра микроскопа УИМ-21, так как на данный момент –

это эффективная система крепления для получения фотоизображений с достаточной точностью. Данная съемка необходима для получения числовых значений, ведь на микроскопе нет измерительного инструмента, подходящего под необходимые для дальнейшей работы задачи. Фокусное расстояние, расположение резца относительно измерительного стола остаются настолько неизменны, насколько это возможно, значит, и масштаб изображения разных измерений примерно одинаков. Определив его через шаблонную деталь шириной 0,55 мм и разметив изображение сеткой с шагом в половину этого расстояния, можно определить радиус скругления кромки с точностью до 0,138 мм.



**Рис. 2. УИМ-21 для измерения радиуса заточки кромки резца с магнитным штативом**

Изначально шаблоном служили концентричные окружности с шаговым изменением в диаметре, но, из-за крайней чувствительности такого решения к взаимной перпендикулярности направления взгляда и необходимой поверхности измеряемого инструмента, а также из-за не столь точной используемой оснастки, возникла необходимость в замене.

Использование микроскопа МИС-11 будет оправдано при недостаточном значительном изменении шероховатости для определения путем сравнения с шаблоном или касания заготовки, так как на точное измерение уходит несоизмеримо больше времени, чем на более простые

процессы, и данное свойство не имеет столь значительного прямого влияния на звуковые характеристики.

Стоит отметить, что, на данный момент, целью данных экспериментов служит выявление метода получения точного взаимоотношения между параметрами инструмента и испускаемой звуковой волны из зоны резания, а не определение значений физических характеристик. Неточное оборудование, использующееся в этом процессе и показанное в статье, для данной цели допускается.

### Список литературы

1. Трунов, А. Н. Разработка метода сбора акустических характеристик металлообработки в зависимости от степени износа инструмента [Электронный ресурс] / А. Н. Трунов // Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития : сб. науч. ст. молодых ученых, аспирантов и студентов / ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2025. – Вып. XVII. – С. 73 – 77.

2. Усман, Ф. Д. Акустический метод прогнозирования износа инструмента при токарной обработке / Ф. Д. Усман, М. В. Соколов // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн (ВМПД – 2017) : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4, Т. 1. – С. 458 – 463.

3. Соколов, М. В. Прогнозирование износа токарного резца акустическим методом / М. В. Соколов // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн (ВМПД – 2022) : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2022. – Вып. 8. – С. 95 – 99.

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. – 256 с.

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

*А. Н. Трунов\**

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ АМПЛИТУДЫ АКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИЗНОСА ИНСТРУМЕНТА**

Основываясь на предыдущих результатах работы, определивших частотный диапазон и общую методику определения амплитуды звуковой волны при токарной обработке [1], данная статья будет посвящена получению конкретных значений на основе уже полученной теории [2 – 4].

Заготовкой будет служить круглый прокат диаметром 50 мм длиной 80 мм, инструментом – проходной резец марки Т15К6 с изначальным радиусом скругления кромки в 0,2 мм, показанный на рис. 1 слева. К оборудованию, за исключением универсального токарного станка и микрофона с чувствительностью в 100 Гц...10 кГц, добавляется микроскоп с пятнадцатикратным оптическим увеличением с присоединенной последовательно к окуляру web-камерой, разрешением FullHD.

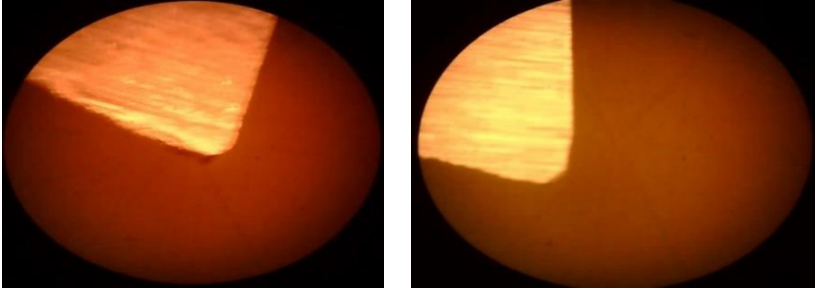
Так как окуляр микроскопа УИМ-21, использующийся для получения изображения, не имеет измерительных рисок, то для создания измерительной шкалы использовался снимок пластины известного размера 0,55 мм, снимаемый на том же фокусном расстоянии, что и кромка инструмента. При совмещении масштабного изображения с изображением режущей кромки инструмента, можно с достаточной для определения износа степенью точности определить радиус скругления контактной поверхности режущей пластины.

Стоит отметить, что токарный станок, использующийся в эксперименте, является старым и сильно изношенным. Но, для проведения акустических экспериментов это является скорее преимуществом, чем недостатком – все возможные шумы, производимые станком, будут более ярко выражены и более четко отображены на получающейся при анализе спектрограмме неотфильтрованной звуковой волны.

Кромка резца в микроскопе до (слева) и после (справа) проведения первого десятиминутного эксперимента изображена на рис. 1.

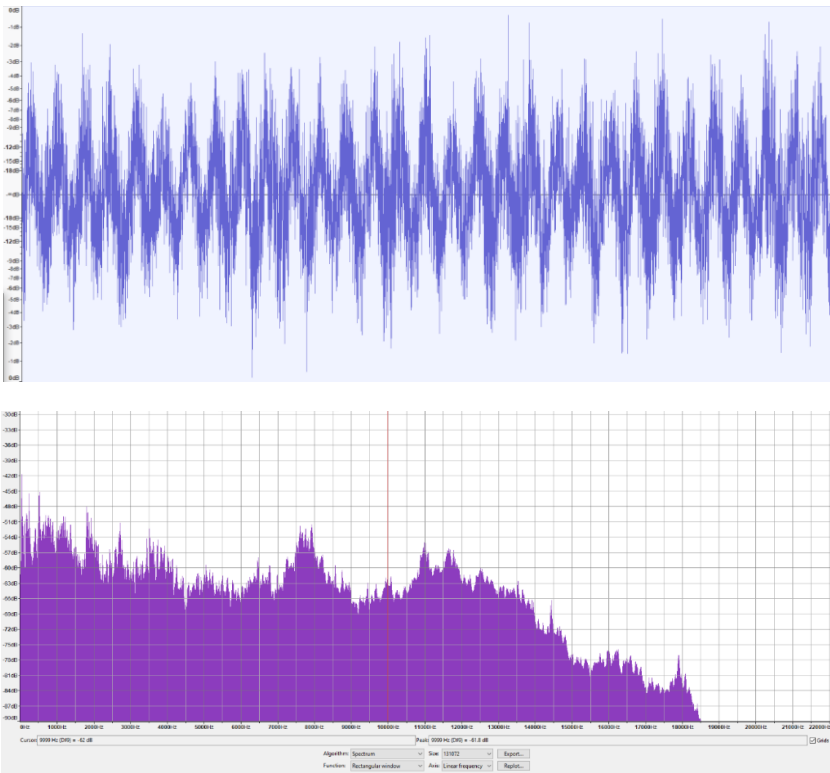
---

\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ФГБОУ «ПГТУ» М. В. Соколова.



**Рис. 1.** Вид изначальной кромки резца при увеличении ее через микроскоп

Звуковые данные анализировались с помощью программы Audacity, часть ее интерфейса изображена на рис. 2.



**Рис. 2.** Звуковая волна и ее спектрограмма в среде Audacity

Данная программа без каких-либо дополнительных модификаций может отображать амплитуды звуковой волны только относительно самой значительной («громкой») точки, отчего значения слева на спектрограмме в основном отрицательные. На данный момент этот недостаток приемлем потому, что целью настоящих экспериментов является выявление общего направления статистической зависимости. Для обеспечения общего масштаба получаемых графиков использовался источник звука с фиксированной частотой (3,5 кГц) и неизвестной, но также фиксированной амплитудой, выходящей за пределы механической обработки.

Несмотря на то, что фильтрование звука по частотам является более точным методом определения необходимых экспериментальных данных, для нахождения примерной зависимости последних можно также использовать метод RMS на различных участках, усредняющий волну до одного определенного значения амплитуды. Но, так как длительность экспериментов составляла примерно 10 минут, в нашем случае использование этого усреднения приведет к значительным отклонениям значений из-за недостаточной статистической шумовой информации.

Относительные амплитуды звуковых волн в зависимости от износа резца показаны в табл. 1.

Из полученных данных можем сделать вывод о том, что амплитуда звуковой волны, испускаемая от контактной поверхности механической обработки, прямо пропорциональна степени износа резца. В конкретных условиях эксперимента относительное соотношение между вышеописанными двумя характеристиками составляет 0,0227 мм/дБ, однако количества данных и методы их сбора не позволяют определить их точное статистическое соотношение.

### 1. Полученные результаты эксперимента

Номер эксперимента	Максимальная относительная амплитуда на участке 9...11 кГц, дБ	Разница в скруглении кромки резца от изначального размера, мм	Длительность проведения эксперимента, мин
1	1,2	0,027	10
2	1,7	0,039	10
3	2,2	0,05	10

В дальнейшем планируется проведение значительного числа экспериментов для создания базы данных и получения статистических зависимостей амплитуды акустического сигнала от степени износа режущей кромки токарного инструмента при различных режимах механической обработки.

### Список литературы

1. Трунов, А. Н. Разработка метода сбора акустических характеристик металлообработки в зависимости от степени износа инструмента [Электронный ресурс] / А. Н. Трунов // Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития : сб. науч. ст. молодых ученых, аспирантов и студентов / ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2025. – Вып. XVII. – С. 73 – 77.

2. Усман, Ф. Д. Акустический метод прогнозирования износа инструмента при токарной обработке / Ф. Д. Усман, М. В. Соколов // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн (ВМПД – 2017) : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4, Т. 1. – С. 458 – 463.

3. Соколов, М. В. Прогнозирование износа токарного резца акустическим методом / М. В. Соколов // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн (ВМПД – 2022) : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2022. – Вып. 8. – С. 95 – 99.

1. 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. – 256 с.

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

*Д. Б. Тургунбоев\**

## **ЦИФРОВОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ: НОВЫЕ ВЫЗОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ОПЕРАТОРОВ СТАНКОВ С ЧПУ**

Цифровое машиностроение – это не просто тренд, а неизбежный этап эволюции промышленности. Сегодня большинство станков с ЧПУ подключены к облачным серверам, обмениваются данными в режиме реального времени и управляются дистанционно. В этих условиях роль оператора меняется радикально: от простого исполнителя он превращается в менеджера процессов, который контролирует работу целого парка оборудования.

В 2025 году до 70% промышленных компаний переходят на цифровые технологии производства [1]. Это значит, что требования к квалификации операторов кардинально меняются. Рассмотрим подробнее, как именно.

### **1. Изменение роли оператора: от исполнителя к специалисту по управлению производством**

Классический подход к обучению операторов строился на передаче опыта от старших мастеров. Теперь этого недостаточно. В цифровом машиностроении оператор должен:

- Быть экспертом по оборудованию: свободно ориентироваться в интерфейсах разных систем ЧПУ (Fanuc, Siemens).
- Владеть языком программирования (G-code, Fanuc Macro) и уметь адаптировать стандартные циклы под индивидуальные задачи.
- Быть аналитиком: собирать и обрабатывать большие массивы данных о процессах резания, температуре, нагрузках и вибрациях.
- Быть менеджером: координировать работу станков, роботов и логистических систем, выступать связующим звеном между разными участками производства.

---

\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ФГБОУ «ГГТУ» М. В. Соколова.

## **2. Анализ критических зон взаимодействия оператора с системой ЧПУ**

Исследования, проведенные на производстве, выявили ключевые ошибки, которые приводят к браку, простоям и поломкам инструмента:

- *Ошибка № 1:* неправильный ввод координат (25% поломок инструмента).

- *Ошибка № 2:* нарушение режима резания (брак по размеру).

- *Ошибка № 3:* пропуск замены изношенного инструмента.

- *Ошибка № 4:* невнимательность при контроле размеров.

*Графика:* диаграмма распределения ошибок (например, круговая диаграмма).

## **3. Алгоритм многоуровневой аттестации: как мы повышаем квалификацию**

Наш подход построен на сочетании классических методов обучения с инновационными цифровыми технологиями. Вот как это работает:

1. *Теоретический тест:* компьютерное тестирование (60 вопросов, 75% правильных ответов).

2. *Практическая проверка:* написание УП, наладка на тренажере.

3. *Контрольная деталь:* изготовление детали в цеху под наблюдением мастера.

*Графика:* схема потока обучения (стрелки, соединяющие теорию → практику → аттестацию).

## **4. Цифровая платформа: ядро нашей системы подготовки**

Платформа охватывает все ключевые аспекты подготовки оператора-наладчика станков с ЧПУ и структурирована по тематическим модулям:

- *Модуль «Техника безопасности при работе на станочном оборудовании».* Обязателен для прохождения перед доступом к другим разделам. Включает интерактивные лекции, видеоматериалы, иллюстрирующие правила использования СИЗ, и итоговый тест для проверки усвоения материала.

- *Модули «Ознакомление со стойками ЧПУ»:*

- *Стойка Fanuc:* теоретический материал по интерфейсу системы, описание основных функциональных клавиш, режимов работы (MDI, AUTO, EDIT) и справочник по G- и M-кодам, специфичным для Fanuc.

- *Стойка Siemens Sinumerik:* аналогично модулю Fanuc предоставляет информацию об интерфейсе Sinumerik, навигации по меню, а также справочные данные по кодам и функциям, характерным для систем Siemens.

- *Модуль «Ознакомление с режущим и мерительным инструментом».* Включает в себя каталоги с 3D-моделями инструмента (фрезы, резцы, сверла), где можно изучить их геометрию и назначение. Для каждого типа инструмента приведены правила выбора, установки и эксплуатации. Отдельный раздел посвящен методикам измерения деталей с помощью штангенциркулей, микрометров и нутромеров.

- *Модули «Основы программирования»:*

- G-код: интерактивный учебник, объясняющий синтаксис языка, структуру кадра управляющей программы (УП) и назначение основных подготовительных функций (G00, G01, G02/G03 и др.).

- M-код: раздел, посвященный вспомогательным функциям, управляющим работой станка (включение/выключение шпинделя M03/M05, подача СОЖ M08/M09 и т.д.).

- *Модуль «Чтение чертежей и технической документации».* Содержит обучающие материалы по ЕСКД, примеры чертежей деталей с ЧПУ и практические задания на интерпретацию размеров, допусков и технических требований.

- *Виртуальный тренажер-симулятор.* Ключевой элемент платформы, позволяющий отрабатывать навыки без риска для реального оборудования. Пользователь может в безопасной среде:

- Писать и редактировать управляющие программы.

- Выполнять привязку «нулевой точки» детали.

- Визуализировать траекторию движения инструмента для проверки на коллизии.

- Моделировать процесс обработки.

#### **Преимущества платформы:**

- **Универсальность:** подходит для подготовки операторов на станках с любыми системами ЧПУ (Fanuc, Siemens).

- **Интерактивность:** обратная связь в реальном времени, подсказки и советы по оптимизации УП.

- **Мобильность:** возможность учиться в удобное время и в любом месте (через мобильные приложения) [4].

5. Результаты внедрения: статистика и кейсы

Внедрение нашей методики обучения на производстве дало ощутимые результаты:

- **Прирост теоретических знаний:** средний балл итогового тестирования вырос на 30% по сравнению с контрольной группой [2].

- **Скорость выполнения операций:** время наладки и отладки УП сократилось на 25%.

- **Снижение уровня брака:** уровень брака упал на 15% (с 45 до 38 деталей на тысячу) [3].

- **Экономический эффект:** срок окупаемости платформы – 1,59 года. Инвестиции в обучение вернулись за счет повышения производительности и сокращения издержек.

**Кейсы внедрения:**

- Завод металлоконструкций: сокращение времени наладки на 30% благодаря виртуальным тренажерам.

- Автозапчасти: повышение квалификации операторов позволило перейти на круглосуточный режим работы без увеличения штата.

- Судостроение: улучшение качества обработки крупногабаритных деталей (валов, корпусов судов) за счет точного соблюдения режимов резания [5].

### Список литературы

1. Безъязычный, В. Ф. Основы технологии машиностроения : учебник для вузов / В. Ф. Безъязычный, В. Ф. Крылов, Ю. М. Соломенцев. – М. : Машиностроение, 2021. – 568 с.

2. Грибовский, А. А. Технология обработки на станках с ЧПУ : учебное пособие / А. А. Грибовский, В. И. Аверьянов. – М. : МГТУ «СТАНКИН», 2020. – 342 с.

3. Зубарев, Ю. М. Современные инструментальные материалы: учебник / Ю. М. Зубарев. – СПб. : Лань, 2021. – 304 с.

4. Иванов, И. С. Технология машиностроения : учебник для СПО / И. С. Иванов. – М. : Юрайт, 2023. – 426 с.

5. Цифровое машиностроение : учебное пособие : в 4 т. / М. Н. Краснянский, В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов, М. В. Соколов и др. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2023. – Т. 1. – 266 с.

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

*Д. И. Холодилин, Д. В. Третьяков\**

## **ПОДГОТОВКА К МЕХАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ МЕТАЛЛА ЛИСТОВОГО ПРОКАТА НА АО «ЗАВКОМ»**

На АО «ЗАВКОМ» УЗК листового проката осуществляется в соответствии с ГОСТ 22727 88 [1] и включает три ключевых этапа.

### **1. Анализ производственных процессов предприятия:**

- подготовка к контролю;
- сканирование;
- регистрация результатов.
- текущие ограничения ручного контроля:
- высокая трудоемкость операций сканирования;
- зависимость качества контроля от квалификации дефектоскописта;
- низкая производительность при больших объемах проката;
- сложность соблюдения параметров сканирования при ручном перемещении преобразователей.

Ключевые процессы, требующие механизации:

- перемещение ультразвуковых преобразователей по поверхности листа;
- поддержание стабильных параметров сканирования (скорость, угол, усилие прижима);
- автоматическая регистрация и обработка данных контроля [3].

### **2. Оценка потребностей в механизации**

Основные цели механизации:

- повышение производительности контроля в 2–3 раза;
- снижение влияния человеческого фактора на результаты контроля;
- обеспечение повторяемости параметров сканирования;
- автоматизация документирования результатов.
- критерии необходимости механизации:
- объемы производства листового проката >5000 т/месяц;

---

\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ФГБОУ «ТГТУ» М. В. Соколова.

- требования к точности контроля: выявление несплошностей площадью  $\geq 1 \text{ см}^2$ ;
- необходимость сплошного сканирования листов размером до  $6 \times 2 \text{ м}$ ;
- потребность в интеграции данных контроля в систему управления качеством.

Ожидаемые эффекты:

- сокращение времени контроля одного листа на 40...60%;
- уменьшение количества ошибочных браковочных решений на 25...35%;
- возможность круглосуточной работы оборудования.

### **3. Выбор оборудования для механизации**

Основные компоненты автоматизированной системы УЗК:

1. Сканирующее устройство:

- порталная или консольная конструкция с ЧПУ;
- точность позиционирования  $\pm 0,1 \text{ мм}$ ;
- скорость сканирования  $0,5 \dots 2 \text{ м/мин}$ .

2. Ультразвуковые преобразователи:

- фазированные решетки (16 – 64 элемента);
- рабочие частоты  $2,5 \dots 5 \text{ МГц}$ ;
- углы ввода  $0^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ .

3. Система сбора данных:

- многоканальные дефектоскопы (8 – 32 канала);
- частота дискретизации  $\geq 100 \text{ МГц}$ ;
- синхронизация с движением сканера.

4. Программное обеспечение:

- визуализация результатов в формате C scan;
- автоматическое распознавание дефектов;
- формирование протоколов контроля.

Критерии выбора оборудования:

- совместимость с ГОСТ 22727–88 [1] и ГОСТ 20415–82;
- возможность работы с листами толщиной  $0,5 \dots 200 \text{ мм}$ ;
- устойчивость к производственным условиям (температура, пыль, вибрация);
- наличие сертификатов соответствия ТР ТС 010/2011.

Рекомендуемые производители:

- Olympus (США) – системы серии OmniScan;

– GE Sensing & Inspection Technologies (США) – дефектоскопы USM Go+;

– «АКС» (Россия) – комплексы А2075 Соник.

#### **4. Разработка технической документации**

Состав комплекта документации:

1. Техническое задание (ТЗ) на автоматизированную систему УЗК:

– требования к производительности;  
– параметры контроля (чувствительность, разрешающая способность);

– интерфейсы интеграции с ERP системой.

2. Технологическая инструкция по механизированному контролю:

– порядок подготовки поверхности;  
– алгоритмы сканирования для листов разной толщины;  
– критерии браковки по ГОСТ 22727–88 [1].

3. Руководство по эксплуатации оборудования:

– процедуры калибровки;  
– графики технического обслуживания;  
– меры безопасности (согласно ГОСТ 12.1.001–83).

4. Форматы отчетных документов:

– протоколы контроля с координатной привязкой дефектов;  
– дефектограммы в форматах PDF и DICONDE;  
– сводные отчеты для отдела качества.

Нормативная база:

– ГОСТ 22727–88 – методы УЗК листового проката [1];  
– ГОСТ 20415–82 – общие требования к УЗК;  
– ГОСТ 14782–86 – контрольные образцы для настройки [2];  
– ТР ТС 010/2011 – безопасность машин и оборудования.

Этапы внедрения:

1. Пилотное тестирование на партии из 100 листов.  
2. Корректировка документации по результатам испытаний.  
3. Обучение персонала работе с автоматизированной системой.  
4. Полномасштабное внедрение на производственной линии.

### **Заключение**

Механизация УЗК листового проката на АО «ЗАВКОМ» позволит:

– повысить объективность контроля за счет исключения человеческого фактора;  
– сократить производственные издержки на 15...20%;  
– обеспечить соответствие требованиям международных стандартов качества.

Ключевыми факторами успеха являются: тщательный выбор оборудования, разработка детальной технической документации и поэтапное внедрение системы с учетом специфики производства [4].

### Список литературы

1. ГОСТ 22727–88. Прокат листовой. Методы ультразвукового контроля.
2. ГОСТ 14782–86. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.
3. Цифровое машиностроение [Электронный ресурс, мультимедиа] : учебное пособие / М. Н. Краснянский, В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов и др. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2023. – 267 с.
4. Торбин А. В. Создание и эффективное развитие механообрабатывающего производства : учебное пособие для вузов / А. В. Торбин, М. В. Соколов. – СПб. : Лань, 2025. – 72 с.

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

**УДК 62-408**

*Д. А. Шабунин\**

## **ПУСКОВОЕ УСТРОЙСТВО ИЗОЛИРУЮЩЕГО САМОСПАСАТЕЛЯ: ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ЗАПУСКА ПОДАЧИ КИСЛОРОДА И ДЕФЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА**

Генерация кислорода в пусковом модуле изолирующего самоспасателя представляет собой жестко детерминированную цепь физико-химических превращений. Временной норматив от момента инициации до появления в дыхательном контуре пригодной для респирации газовой смеси не превышает 20...40 с. В этом коротком интервале последо-

---

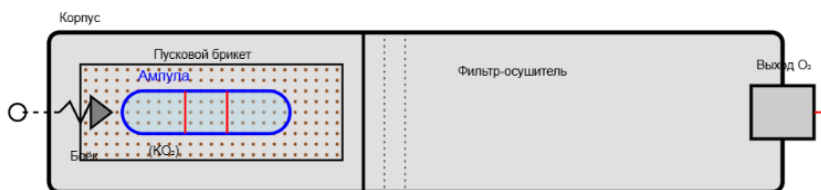
\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ФГБОУ ВО «ТГТУ» В. А. Немтинова.

вательно разворачиваются три фазы: механическая дезинтеграция герметизирующей оболочки, экзотермическая реакция гидролиза надпероксидного брикета и газодинамическое насыщение эластичного резервуара кислородом с одновременной термической активацией основного регенеративного патрона.

Фаза первая – разрушение ампулы.

Герметичный стеклянный сосуд, содержащий строго дозированный объем пусковой жидкости, подлежит принудительной дезинтеграции. Конкретный способ воздействия варьируется в зависимости от конструктивного исполнения: ударный боек, срабатывающий при рывке тросика, самовзвод от натяжения шейного ремня либо нажимная клавиша.

Заклученная в ампуле субстанция – дистиллированная вода либо слабокислотный/солевой состав – служит исключительно каталитическим агентом и не содержит свободного кислорода; по сути, она выполняет функцию «ключа зажигания» для последующей химической реакции, что можно наблюдать на рис. 1.



**Рис. 1. Продольный разрез пускового устройства**

Фаза вторая – взаимодействие реагента с надпероксидным брикетом.

Высвободившаяся жидкость гравитационно и капиллярно распределяется по поверхности твердого пористого блока – пускового брикета (ПБ). Активным началом ПБ выступает композиция на основе надпероксида калия (KO<sub>2</sub>), в которую для повышения эксплуатационной стабильности нередко добавляют надпероксид натрия (NaO<sub>2</sub>). Контакт влаги с указанными соединениями провоцирует немедленную экзотермическую реакцию, описываемую следующим стехиометрическим уравнением:



Из двух молекул твердого надпероксида калия и одной молекулы воды синтезируются гидроксид калия (щелочь, остающаяся в конденса-

рованной фазе), молекулярный кислород и выделяется значительный объем тепловой энергии. Заводская рецептура брикетов, впрочем, устроена сложнее лабораторной: помимо базовых надпероксидов, в нее интегрируют функциональные присадки (в частности, гидроксид алюминия), которые повышают термическую стойкость, физическую прочность и удельный выход газа. Сама реакция носит автокаталитический характер: выделяемое тепло форсирует вовлечение в нее смежных зон брикета, благодаря чему скорость газообразования нарастает лавинообразно.

Технологические риски и типовые дефекты, возникающие при сборке пускового устройства.

Первый дефект – образование скрытой микротрещины стеклянной ампулы при ее запрессовке в посадочное гнездо. В большинстве конструктивных схем ампула фиксируется с натягом либо поджимается прижимной пластиной. Если усилие запрессовки превышает регламентированное значение даже на 5...10%, либо оснастка имеет угловой перекос, в теле стекла возникает микродефект по линии максимального механического напряжения. Внешне такая ампула выглядит целостной, однако в течение двух-трех месяцев хранения жидкость-инициатор испаряется.

Второй дефект – механическое повреждение пускового брикета в процессе его установки в стакан ПУ. Брикет на основе надпероксида калия обладает невысокой механической прочностью и подвержен выкрашиванию. Неквалифицированные действия сборщика могут спровоцировать откол фрагментов или образование пылевидной фракции. Последствия двояки: во-первых, мелкодисперсные частицы способны забить выходной фильтр-осушитель, создав аномально высокое сопротивление дыханию в момент запуска; во-вторых, попадание осколков в резьбовое соединение чревато заклиниванием гайки и повреждением сопрягаемых поверхностей.

Изолирующий самоспасатель сохраняет герметичность внутреннего контура вплоть до момента штатного включения. Пусковое устройство, будучи интерфейсным узлом между дыхательным мешком и регенеративным патроном, выступает потенциальным каналом неконтролируемого подсоса внешней атмосферы.

Критическим дефектом данной группы является перекос либо механическое «закусывание» резинового уплотнительного кольца круглого сечения при вворачивании ПУ в ответную резьбу. Если сборщик не смазал резьбы силиконовой смазкой либо вкручивал узел с угловым смещением, острая кромка резьбы срезает грани кольца. Итогом стано-

вится скрытая потеря герметичности. В условиях реальной эксплуатации – при повышенной влажности рудничной атмосферы и циклических перепадах давления – через микрощель внутрь патрона постепенно просачивается влага, что приводит к нарушению работы аппарата.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Пат. 2219982 РФ. Химический состав термостойкого пускового брикета / Смутков Г. В., Сивцов В. А., Зборщик Л. А. и др. ; опубл. 27.12.2003.

2. ГОСТ Р 12.4.277–2012. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Самоспасатели со сжатым воздухом, с полумаской и легочно-силовым автоматом с избыточным давлением. Технические требования. Методы испытаний. Маркировка. – Введ. 2013-12-01. – М. : Стандартинформ, 2019. – 28 с.

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

УДК 637.144.5

*Д. Д. Вяткина, М. А. Котова, Н. В. Шумкина\**

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУЧЕНИЯ МЯГКОГО ДИЕТИЧЕСКОГО СЫРА

Изменения в конъюнктуре сыров сегодня складываются под влиянием современных тенденций в области питания, направленных на коррекцию физиологических процессов, гомеостаза организма. Для регулирования белкового баланса нутрициологи рекомендуют включать в рацион натуральные и специализированные протеиновые продукты. В этом сегменте приоритет принадлежит молочной продукции, в частности сырам, которые имеют в своем составе легкоусвояемые полноценные белки, содержание которых может составлять 20...30 г [1].

Анализ рынка сырной продукции демонстрирует устойчивую динамику роста производства и стабильный потребительский спрос на диетические виды, в частности, на мягкие сыры с высоким содержанием белка и низкой калорийностью – так называемые «легкие» и «протеиновые» сыры такие, как моцарелла с содержанием белка 22...24 г, фета – 14...17 г белка. В таблице 1 приведен ассортимент мягких диетических сыров, их пищевая ценность и стоимость за единицу продукции на основании выполненного аналитического обзора.

Молокоперерабатывающее региональное предприятие заинтересовано в расширении ассортимента функциональных продуктов за счет выпуска мягкого диетического сыра с высоким содержанием белка. Для адаптации технологии такого сыра необходимо выполнить апробацию режимов отдельных операций с учетом технического оснащения производства.

Основанием для выполнения поисковых работ является ГОСТ 32263–2013 «Сыры мягкие. Технические условия». Согласно информации этого нормативного документа, готовый продукт должен обладать нежной, однородной, пластичной консистенцией, что обеспечивается величиной массовой доли влаги в диапазоне 68...73%.

---

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

## 1. Ассортимент и характеристики мягких диетических сыров

Название продукта	Пищевая ценность на 100 г продукта			Энергетическая ценность на 100 г продукта, кКал	Цена за кг, руб.
	белки	жиры	углеводы		
Сыр протеиновый «Моцарелла пикколо»	20	12	3	202	1940
Сыр «Белая Фета»	15	14	1,5	192	1285
Сыр UNAGRANDE Моцарелла	24	17	1	253	1750
Сыр HOCHLAND Фетакса легкая в рассоле 28%	14	8	4	145	835

Допускается слегка ломкая, но не крошливая консистенция; вкус и запах продукта – чистый, кисломолочный, в меру соленый.

Пищевая ценность на 100 г мягкого диетического сыра составит: белки – 16...18 г, жиры – 0,1...0,5 г, углеводы – 3,5...3,8, энергетическая ценность не превышает 95 кКал.

Известно, что достижение требуемых показателей сырной продукции [2, 3] существенно зависит от параметров исходного молочного сырья, способов его подготовки к переработке, а также состава и вида применяемых заквасочных культур, приемов обработки сырного сгустка. На рисунке 1 приведена последовательность стадий изготовления мягкого диетического сыра при выполнении экспериментальной работы.

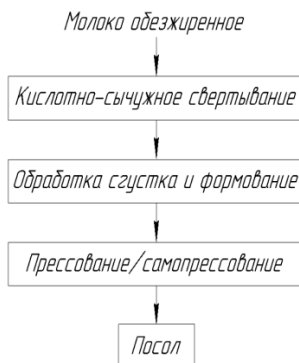


Рис. 1. Основные этапы технологического процесса

Для переработки использовалось обезжиренное пастеризованное молоко после сепарирования с физико-химическими показателями: белок 3,24...3,26%, массовая доля жира 0,14...0,15%, СОМО 8,83...8,85%, плотность 1033...1035 кг/м<sup>3</sup>.

Предлагаемая технология предусматривает получение сгустка из обезжиренного молока кислотнo-сычужным способом, при реализации которого ключевым фактором является выбор типа заквасочной культуры, отвечающей за процессы кислотообразования, протеолиза и, как следствие, в формировании органолептических свойств готового продукта [4]. Для выбора заквасочной культуры в ходе работы были апробированы две закваски – одна включала мезо- и термофильные молочнокислые бактерии, вторая состояла только из термофильных штаммов. Основные технологические характеристики используемых заквасок и их микробиологический состав представлены в табл. 2.

## 2. Технологические характеристики исследуемых заквасок

Параметр	Мезо-термофильная	Термофильная
Производитель	Clerici KACH2	Sacco Lyofast Y 084
Состав	<i>S. thermophilus</i> ; <i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> .; <i>L. helveticus</i> ; <i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>lactis</i>	<i>S. thermophilus</i> ; <i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>
Рабочая температура, °С	32...36	38...42
Активная кислотность (рН) через 6 ч	4,3	4,5
Органолептика готового продукта	Вкус кисломолочный, кисловатый	Вкус сливочный, молочный, в меру солоноватый

С целью определения способа обработки сгустка для достижения желаемой консистенции и массовой доли влаги были проведены сравнительные испытания режимов прессования. В первом случае использовали прессование под грузом в течении 1,5 ч, что рекомендовано для моцареллы и осетинского сыра; во втором – самопрессование в течение 3...4 ч, что рекомендовано для феты, адыгейского и домашнего сыра. Результаты исследования по сравнению способов прессования приведены в табл. 3.

### 3. Влияние способов прессования на продукт

Способ	Прессование	Самопрессование
Время процесса, ч	1,5	3
Влажность готового продукта, %	64	76,4
Консистенция продукта	Резинистая, плотная	Мягкая, легкорезущаяся

В результате проведенной работы установлено, что прессование под грузом способствует интенсивному удалению сыворотки, снижению влажности и уплотнению белковой матрицы, что приводит к резинистой, плотной консистенции. Самопрессование же позволяет сохранить повышенную влажность, формирует мягкую, эластичную структуру с нежной текстурой. Кроме того, установлено, что для мягких диетических сыров предпочтительнее использовать термофильную закваску, поскольку конечное значение рН составляет 4,5, что обеспечивает чистый сливочный вкус без излишней кислотности. Полученные результаты затем будут использованы при проведении производственного эксперимента.

#### Список литературы

1. Чеботарев, С. Н. Региональный анализ рынка сыра и сырных продуктов / С. Н. Чеботарев // Техника и технология пищевых производств. – М. : Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского, 221. – С. 413.
2. Безверхая, Н. С. Технология производства сыра : учебное пособие / Н. С. Безверхая, О. А. Огнева // Лань: электронно-библиотечная система. – Краснодар : КубГАУ, 2018. – С. 173 – URL : <https://e.lanbook.com/book/315818> (дата обращения: 04.03.2026).
3. Технология и оборудование для производства натурального сыра : учебник для вузов / И. И. Раманускас, А. А. Майоров, О. Н. Мусина и др. // Лань: электронно-библиотечная система. – СПб. : Лань, 2024. – 508 с. – URL : <https://e.lanbook.com/book/413480> (дата обращения: 04.03.2026).
4. Кузнецов, В. В. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. Т. 3. Сыры / В. В. Кузнецов, Г. Г. Шилер. – СПб. : ГИОРД, 2003. – 512 с.

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

УДК 332.1

*А. Н. Алпацкая\**

**АНАЛИЗ КОНКУРЕНТОВ, ПРЕДОСТАВЛЯЮЩИХ  
ИНФОРМАЦИЮ О ТУРИСТИЧЕСКИХ  
АКТИВНОСТЯХ В РЕГИОНЕ**

Конкурентный анализ – это исследование рынка, целью которого является получение объективных данных для принятия стратегических решений о функционале, дизайне и позиционировании продукта.

Конкурентный анализ по активному туризму Тамбовской области представляет собой подробное изучение существующих платформ с целью выявления их сильных и слабых сторон.

Рассмотрим типичную ситуацию на примере потенциального туриста. Человек, мотивированный к занятию активными видами отдыха, вынужден осуществлять многоступенчатый поиск по различным платформам: данные о прокате снаряжения – на сайтах объявлений; маршрутная информация – в картографических сервисах; контакты гидов и организаторов/экскурсоводов – в социальных сетях и тематических сообществах. В данном примере можно заметить, что информация сильно рассредоточена между различными источниками. Таким образом, подготовка к отдыху может занять очень много времени. Значительная часть людей, осуществляющая поиск информации из различных источников, сталкивается с отказом от поездки, даже не завершив поиск.

Первая группа конкурентов представлена интернет-платформами, включая: Avito, Профи.ру, Zoon, Яндекс Исполнители, 2ГИС, Яндекс Карты, Wikiloc и официальный туристический портал региона. Анализ данных платформ проводился по следующим метрикам: наличие описания предложений, фильтров, адресной информации, отзывов, рейтинга продавцов или арендодателей, картографической привязки, подборок похожих объявлений, а также ценовых параметров.

---

\* Работа выполнена под руководством доктора экономических наук, профессора ФГБОУ ВО «ГГТУ» Р. Р. Толстякова.

В ряду исследуемых конкурентов Avito является универсальной доской объявлений. У конкурента достаточно хорошо развита система оценки продавцов и сбора отзывов. Это позволяет сформировать базовый уровень доверия. Также платформа успешно реализует механизм рекомендаций похожих объявлений, способствующий удержанию пользователя на сайте.

Однако, ключевым недостатком Avito является отсутствие специализированных фильтров для активного туризма: «аренда велосипедов», «прокат байдарок» или «спортивный инвентарь». Данные категории не выделены отдельно. Предложения распределяются по общим рубрикам «Услуги» или «Спорт и отдых», где они теряются среди разнородных объявлений и не могут быть отфильтрованы по параметрам, значимым именно для активного туризма. Таким образом, осуществить поиск подобных предложений становится затруднительно.

При попытке найти экскурсионные предложения по Тамбовской области пользователь сталкивается еще с одной проблемой. Поскольку платформа ориентирована на максимальное количество показов, то в списке выпадают варианты с массовыми предложениями туров на морские курорты. То есть, в Avito отсутствуют точные настройки геопространства внутри категории услуг.

Функциональная работа платформы Avito устроена следующим образом. Просмотр объявлений доступен любому пользователю без создания учетной записи, что позволяет осуществлять навигацию по разделам сайта. Однако, для полноценного использования функционала, включая взаимодействие с продавцами услуг/товаров, создание учетной записи является обязательным.

Профи.ру – онлайн-сервис по подбору специалистов. Применительно к сфере туризма и активного отдыха платформа предлагает категорию экскурсоводов и гидов. Ключевым отличием выступает механизм обработки заявок. Пользователь на сайте указывает название услуги или специалиста, затем заполняет детально задачу в виде теста с вариантами ответов. Таким образом, пользователю не требуется просматривать все объявления, а необходимо лишь сформулировать задачу, после чего система автоматически подбирает специалистов, которые направляют свои предложения. Данный подход значительно упрощает поиск, что является главным преимуществом.

Однако для того, чтобы создать заявку на подбор гида или экскурсовода требуется обязательная регистрация на сайте. Без регистрации можно лишь посмотреть перечень специалистов по категориям.

Zoon представляет цифровую платформу, которая для активного туризма, предназначена только для проката оборудования. В отличие от других платформ Zoon фокусируется на узкой, но достаточно емкой нише.

Применительно к сфере туризма на платформе есть такие категории, как прокат спортивного инвентаря, включая велосипеды, коньки, лыжи, сноуборды, тюбинги, сапборды, квадроциклы и иное снаряжение.

Стоит отметить, что платформа предоставляет возможность просмотра контента без регистрации, что снижает барьеры входа.

Существуют некоторые недостатки в реализации пользовательского интерфейса. Наиболее существенным недостатком является отсутствие фотографий в объявлениях. Для аренды спортивного инвентаря визуальный вид объекта играет важную роль. Это связано с тем, что потребитель нуждается в оценке состояния оборудования, соответствия заявленным характеристикам и т.п. Отсутствие изображений может привести к отказу от аренды в пользу более информативных альтернатив. Кроме этого, платформа не формирует какие-либо тематические подборки контента и не предлагает пользователю похожие услуги, ограничиваясь только каталогом объявлений. Отсутствие таких механизмов и рекомендаций снижает потенциал удержания пользователей.

Яндекс Исполнители – это сервис, который помогает найти профессионалов в любой сфере деятельности. На примере туризма здесь можно найти экскурсоводов/гидов.

На главной странице есть поисковая строка, которая реализована на высоком технологическом уровне. Механизм автодополнения запроса интегрирован в поисковую строку. Это позволяет предлагать не только названия категорий, но и конкретные, часто запрашиваемые услуги, что существенно ускоряет процесс навигации.

Но наиболее существенным недостатком является полное отсутствие категорий, связанных с активным туризмом и досугом. Услуги экскурсоводов/гидов находятся в категории «разное».

Кроме этого, пользователь, заинтересовавшийся определенной услугой, не получает предложений по сопутствующим направлениям. Например, при поиске гида для пешей прогулки отсутствуют рекомендации по аренде соответствующего инвентаря или информация о достопримечательностях.

В отличие от вышерассмотренных конкурентов, картографические сервисы 2ГИС и Яндекс Карты фокусируются на визуализации пространственных данных, построении маршрутов и предоставлении спра-

вочной информации об объектах, включая пункты проката спортивного инвентаря. Данные сервисы отражают нахождение физических точек без какой-либо углубленной информации о наличии конкретного оборудования. Однако, еще одним важным недостатком выступает полное отсутствие информации о цене, что существенно снижает функциональную полноту платформ для потребителя. Стоит отметить, что данные сервисы предоставляют полный доступ к контенту без подписки и регистрации.

Следующий сервис, предоставляющий информацию об активном туризме Тамбовской области, – Wikiloc. Данный сервис содержит информацию о туристических маршрутах. Анализ страницы, посвященной маршрутам в Тамбовской области, позволяет выявить как существенные конкурентные преимущества данной платформы, так и ее недостатки.

Для каждого маршрута в списке выводится ключевой набор метрик, имеющих важное значение для принятия решения о его прохождении: расстояние, высота, сложность, тип маршрута, время, координаты и т.п. Данный подход позволяет потребителю осуществлять быстрый сравнительный анализ, что существенно сокращает время выбора.

Кроме того, в Wikiloc есть категории маршрутов по видам активности: отдельно выделены маршруты для пешего туризма, горного велосипеда, катания на беговых лыжах, байдарки и иные категории. Данная фильтрация по категориям позволяет пользователю сегментировать доступные предложения в соответствии с его конкретными предпочтениями и уровнем физической подготовки.

Наиболее существенным недостатком Wikiloc является полное отсутствие коммерческой информации об аренде спортивного инвентаря, необходимого для прохождения представленных маршрутов. Пользователь, вдохновившийся идеей велосипедной прогулки по одному из опубликованных маршрутов, не получает никакой информации о том, где в Тамбове можно арендовать спортивный инвентарь, какова стоимость аренды, какие пункты проката расположены вблизи и каков их рейтинг. В этом случае, люди вынуждены обращаться к другим источникам информации, что занимает дополнительное количество времени.

Рассмотрим официальный туристический сайт Тамбовской области. Архитектура сайта включает разделы: от общей информации региона и афиши событий до рубрик, посвященных размещению, питанию, достопримечательностям, активностям и экскурсиям. Особого внимания

заслуживает наличие специализированных разделов «Активный отдых» и «Маршруты». Официальный статус портала обуславливает его ключевое конкурентное преимущество – высокий уровень доверия со стороны пользователей, которые воспринимают представленную информацию как достоверную и актуальную.

Однако при всех перечисленных достоинствах, есть и недостатки. Наиболее критическим недостатком является отсутствие данных о стоимости аренды спортивного инвентаря, ценах на услуги гидов и экскурсоводов, стоимости входных билетов на предстоящие мероприятия.

Кроме того, на портале отсутствует интеграция с системой отзывов, однако это является важным элементом современных цифровых платформ, т.е. у потенциального туриста нет возможности оценить маршрут, узнать о скрытых трудностях или, наоборот, о наиболее живописных участках от тех, кто уже прошел данный путь.

Фильтры, позволяющие осуществлять настройку поиска маршрутов по нескольким параметрам отсутствуют в интерфейсе. Пользователь, имеющий четкие предпочтения относительно протяженности маршрута, его сложности, типа активности не может быстро отфильтровать доступные предложения и вынужден смотреть весь список. Соответственно, этот процесс занимает больше времени на этапе выбора.

Наряду с цифровыми платформами значительную роль для активного туризма Тамбовской области играют сообщества в социальной сети «ВКонтакте». Данные ресурсы выступают косвенными конкурентами.

Сообщество **«Путешествуем по Тамбовщине»** представляет собой официальный туристический портал региона в социальной сети, публикующий афиши событий, подборки локаций, краеведческие заметки и сведения о достопримечательностях области. На момент анализа более 11.700 подписчиков. Сообщество демонстрирует высокую интенсивность обновления и высокий уровень структурированности контента. Это можно заметить в едином стиле оформления и тематическим блокам. Данная стратегия обеспечивает актуальность информации и формирует у подписчиков привычку обращаться к сообществу как к источнику оперативных данных о туристической жизни региона. Публикации включают анонсы мероприятий, описание достопримечательностей с адресной привязкой, исторические справки и информацию о транспортной доступности. Контент характеризуется средней степенью эксклюзивности, поскольку акцент сделан на систематическом

информировании о широком спектре объектов, а не на уникальных авторских находках или эксклюзивных маршрутах, которые могли бы стать конкурентным преимуществом.

«**ЭКО ТРОПА ТАМБОВ**» специализируется на экскурсиях, авторских прогулках и турах с просветительской составляющей. В отличие от официальных туристических порталов сообщество делает акцент на экскурсионном сопровождении, авторских прогулках и тематических турах, что квалифицирует его как проект с уникальным ценностным предложением. Количественный показатель аудитории сообщества составляет 6100 подписчиков, что, в сопоставлении с конкурентами, свидетельствует об устойчивой рыночной позиции. Высокая структурированность контента выражается в последовательном представлении информации о предстоящих событиях с указанием времени, места и тематики. Контентная стратегия сообщества характеризуется высокой интенсивностью обновления, что проявляется в регулярной публикации предстоящих мероприятий, включая такой специфический формат, как «корпоративные душевные встречи». Данный формат выходит за рамки традиционного активного туризма, интегрируя элементы психологической практики, групповой рефлексии и социального взаимодействия на природе, что существенно расширяет целевую аудиторию.

Сообщество «**Прогулки по Тамбову**» специализируется на организации тематических пешеходных экскурсий по городу Тамбову с краеведческим и историческим уклоном. При аудитории в 12 200 подписчиков паблик демонстрирует высокую частоту обновлений и средний уровень структурированности: публикации единообразно оформлены, содержат тему экскурсии, время сбора, продолжительность и стоимость. Контент обладает средней эксклюзивностью: сообщество предлагает краеведческие маршруты, однако подобные практики не являются уникальными для туристического рынка. Пользователи высоко оценивают интересные факты о городе, публикуемые на странице.

Туристический клуб «**Чижик**» совмещает функции организатора походов выходного дня, сплавов и велопрогулок с предоставлением услуг аренды. При количестве подписчиков 6600 наблюдается высокая активность. Содержательное наполнение описывает форматы активного отдыха, однако контент не привязан к уникальным локациям, что снижает его эксклюзивность относительно природных достопримечательностей региона. Сообщество выполняет транзакционную функцию,

анонсируя платные услуги, однако процесс бронирования осуществляется в офлайн-режиме без встроенных цифровых инструментов.

Сообщество **«Красивые природные места Тамбовской Области»** ориентировано на публикацию фотографий и описание природных достопримечательностей Тамбовской области. При аудитории около 4000 подписчиков сообщество не демонстрирует появления нового контента, что позволяет характеризовать его интенсивность как низкую. Структурированность постов минимальна: сообщество существует в режиме статичного архива, без регулярной рубрикации. Эксклюзивность контента оценивается как потенциально высокая, поскольку содержится информация о малоизвестных местах. Однако отсутствие актуального наполнения снижает его конкурентную значимость.

На основе проведенного конкурентного анализа цифровых платформ и сообществ в социальной сети «ВКонтакте» в сфере активного туризма Тамбовской области можно сделать следующие выводы.

Существующая информационная инфраструктура активного туризма региона характеризуется высокой степенью фрагментации. Ни один из проанализированных ресурсов не предоставляет комплексного решения, объединяющего информацию об аренде спортивного инвентаря, туристических маршрутах, гидах в единой структурированной среде с возможностью параметрического поиска и онлайн-бронирования спортивного инвентаря.

Анализ показал, что жители региона вынуждены осуществлять многоступенчатый поиск, обращаясь к нескольким разрозненным источникам для планирования одного путешествия. Это приводит к значительным временным затратам (от 1 до 3 часов на планирование одного выходного дня) и в значительной доле случаев – к отказу.

*Кафедра «Коммерция и бизнес-информатика» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

*Д. В. Некрасов\**

## **T-Data: ОТ ЛЕКЦИЙ К ПРАКТИКЕ**

Сегодня высшая школа меняется на глазах. Цифровизация, новые запросы студентов и жесткая конкуренция среди преподавателей заставляют пересматривать привычные подходы [1]. И если раньше достаточно было грамотно читать лекции, то сейчас этого явно мало.

Чтобы оставаться на плаву, преподавателю приходится выстраивать свой цифровой образ: публиковать авторские разработки, доказывать экспертность, учиться подавать материал так, чтобы он «заходил» в онлайн-среде [2]. Звучит непросто, но выход есть.

Одно из рабочих решений – персональная образовательная платформа. По сути, это небольшой сайт, где можно собрать все необходимое:

- авторские курсы;
- практические кейсы;
- инструменты для отработки навыков;
- элементы личного бренда.

Такой ресурс становится не просто витриной компетенций, а живым рабочим пространством. Студент получает доступ к материалам в удобном формате, а преподаватель – возможность выстраивать долгосрочные отношения с аудиторией.

Яркий пример – проект T-Data, созданный для Романа Рашидовича Толстякова [3]. Здесь хорошо видно, как личная экспертиза превращается в структурированный образовательный продукт. Платформа не просто демонстрирует знания автора, но и помогает студентам применять их на практике.

Создавать собственную образовательную платформу – дело не пяти минут. Тут и время нужно, и силы, и терпение. Но когда видишь результат, понимаешь: оно того стоит. Это как переход на новый уровень: из простого лектора ты превращаешься в настоящего лидера в своей области – того, кто не просто передает знания, а формирует вокруг себя сообщество единомышленников.

---

\* Работа выполнена под руководством доктора экономических наук, профессора ФГБОУ ВО «ГГТУ» Р. Р. Толстякова.

На первый взгляд T-Data – просто сайт с курсами. Но если копнуть глубже, становится ясно: это целая экосистема для тех, кто хочет учиться с пользой. Здесь можно найти:

- авторские видеокурсы;
- методические материалы, которые не встретишь в обычных учебниках;
- практические кейсы из реальной жизни;
- даже встроенные калькуляторы – чтобы сразу проверить свои расчеты.

Что мне особенно нравится в T-Data – это ее фокус на личности преподавателя. Сайт становится не просто хранилищем материалов, а настоящим «лицом» эксперта. Представьте: вы заходите на страницу и сразу чувствуете – здесь работает профессионал, который знает свое дело и готов поделиться опытом.

Как это работает на практике? Допустим, вы студент или начинающий аналитик. Заходите на платформу, выбираете курс, смотрите видеоурок – а потом сразу пробуете применить знания на деле. Никаких абстрактных теорий: все максимально приближено к реальной работе. Например, разобрали методику анализа данных – и тут же отработываете ее на кейсе, используя встроенный инструмент. Результат? Вы не просто запомнили теорию, а научились ею пользоваться.

Почему именно видео? Да потому что это самый удобный формат сегодня. Когда видишь и слышишь эксперта, материал усваивается легче. К тому же видеоуроки задают четкий ритм: один модуль – один шаг вперед. Нет ощущения хаоса, все структурировано и понятно.

Курсы Романа Рашидовича Толстякова – хороший пример такого подхода. Они не для тех, кто любит поверхностное знакомство с темой. Здесь придется поработать: подумать, посчитать, попробовать на практике. Но именно это и ценно! Вы не просто получаете информацию – вы учитесь применять ее в реальных задачах. И это, на мой взгляд, главное отличие T-Data от обычных учебных ресурсов.

В итоге получается не просто «сайт с курсами», а настоящая мастерская, где знания превращаются в навыки. И это уже совсем другой уровень обучения – когда теория не висит в воздухе, а тут же опробуется на практике. Второй, но ничуть не менее важной частью T-Data стали практические кейсы. Представьте себе небольшие, но емкие задания: у каждого – четкая цель, реальные данные и конкретный результат. Студент не просто читает про анализ показателей – он берет исходники и сам строит отчет, высчитывает метрики, ищет закономерности. Это

как тренажер: пока не попробуешь руками – не поймешь. А еще такие кейсы потихоньку собирают портфолио: каждый решенный кейс – это строчка в копилке достижений, которая потом пригодится при поиске работы. Для преподавателя кейсы – настоящий сканер понимания.

Он видит, где студенты спотыкаются, какие ошибки повторяют, какие темы требуют дополнительного разбора. Никаких догадок: все наглядно, по фактам.

Но особенно меня впечатлили аналитические калькуляторы – эти маленькие, но мощные помощники. Суть простая: загружаешь данные – получаешь расчет. Преподаватель создает их под типовые задачи: посчитать NPS, вывести статистические показатели, сравнить значения, сформировать отчет. Технология работает незаметно: файл конвертируется в нужный формат, данные обрабатываются, и вот уже перед вами Excel-отчет по готовому шаблону.

Что это дает? Во-первых, обучение через действие: студент видит, как устроена аналитика изнутри. Во-вторых, экономия времени: рутину берет на себя машина, а человек фокусируется на смысле. В-третьих, наглядность: вместо абстрактных формул – реальные цифры и графики.

И вот что важно: такие калькуляторы делают платформу по-настоящему уникальной. Многие образовательные сайты ограничиваются видеолекциями, а здесь – живые инструменты для работы. Это не «смотрите, как надо», а «берите и делайте». Для преподавателя это способ показать свою экспертность, для студента – шанс получить результат, который можно вложить в диплом или рабочий проект.

Конечно, T-Data – это пока лишь пример, но пример показательный. Представьте, что такую платформу может создать любой преподаватель: наполнить ее своими курсами, методичками, библиотекой кейсов и собственными калькуляторами. Получается не просто сайт, а персональный образовательный бренд – удобный, функциональный, узнаваемый.

Какие плюсы для преподавателя?

– Узнаваемость. Собственный образовательный сайт – это визитная карточка эксперта. Это сигнал: «Я в теме, я иду в ногу со временем».

– Контроль процесса. Вы сами решаете, как выстроить обучение: какие темы дать первыми, где добавить практики, как связать теорию с реальными задачами.

– Монетизация. Контент может быть бесплатным или платным. Подписка, разовый доступ, пакет услуг – вариантов много.

А что получает студент? Прежде всего – порядок. Больше не нужно рыскать по десяткам источников, собирать материал по крупицам. Все в одном месте: видеоуроки, задания, инструменты. Все логично

выстроено, все проверено, все работает. Кроме того, – самостоятельность. Когда есть понятные инструкции и удобные инструменты, легче брать ответственность за свое обучение. И самое главное – связь с реальностью. Теория не висит в вакууме: ее тут же можно применить, посмотреть, как она работает на живых данных.

Если смотреть шире, T-Data – это маленький, но яркий пример персонализированной LMS. Не громоздкая система для целого вуза, а уютная среда для конкретного преподавателя и его аудитории. И это отвечает трендам: сегодня эксперты все чаще выходят за рамки кафедр, строят собственные образовательные проекты, общаются со студентами напрямую.

С технической точки зрения платформа демонстрирует, на что способна современная веб-разработка. Здесь и видеохостинг, и каталог курсов, и загрузка файлов, и генерация отчетов, и адаптивный интерфейс. Все связано, все работает быстро, все интуитивно понятно. Это не набор разрозненных инструментов, а единый механизм, где каждый элемент на своем месте.

Так что же такое T-Data? Это не просто сайт. Это IT-решение, которое помогает преподавателю воплотить свой образовательный замысел. Видеокурсы дают базу, кейсы закрепляют знания, калькуляторы переводят теорию в практику. А вся структура сайта работает на имидж: это профессионально, современно, надежно.

И самое интересное – это только начало. T-Data может стать шаблоном для целой сети персональных образовательных платформ. Каждая – со своим стилем, своим контентом, своими инструментами. Но все – с одной целью: делать обучение живым, практичным и полезным.

### Список литературы

1. Ахмарова, Р. Ф. Цифровая трансформация высшего образования: вызовы и стратегии управления / Р. Ф. Ахмарова // Вестник науки. – 2025. – С. 424 – 430.
2. Иванов, Д. С. Цифровой след преподавателя: стратегии формирования и оценки / Д. С. Иванов // Высшее образование в России. – 2022. – № 10. – С. 45 – 58.
3. T-Data. – URL : <https://tolstyakoff.ru/>

*Д. Ю. Остроухов\**

## СИСТЕМА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

Разработан эффективный метод измерения теплофизических свойств (ТФС) строительных материалов и изделий, реализуемый адаптивной информационно-измерительной системой (ИИС). Суть метода заключается в бесконтактном тепловом воздействии на исследуемые образцы посредством движущегося точечного источника СВЧ-энергии. В ходе эксперимента регистрируются интегральные по расстоянию от источника тепла до термоприемников значения избыточных температур поверхности исследуемых объектов, прямо пропорциональные величине тепловых потерь в окружающую среду от конвективного теплообмена [1 – 3].

Контролируемое температурное поле (ТП) по оси  $X$  термоприемником ПИП1  $T_{изм1}(x)$  и контролируемое ТП термоприемником ПИП2  $T_{изм2}(R, x)$  определяются следующими соотношениями [4]:

$$T_{изм1}(x) = \frac{q}{2\pi\lambda x_{изм1}}, \quad (1)$$

$$T_{изм2}(R, x) = \frac{q}{2\pi\lambda R_{изм1}} \exp\left[-\frac{V_1(R_{изм1} - x_{изм2})}{2a}\right], \quad (2)$$

где  $x_{изм2}$  – расстояние между точкой теплового воздействия от СВЧ источника до проекции точки на расстоянии  $R_{изм1}$  на линию  $X$ ,  $\lambda$ ,  $a$  – коэффициенты тепло- и температуропроводности исследуемого объекта.

Для определения теплопроводности увеличивают скорость перемещения источника тепла и термоприемника на 10...20% от  $V_1$ . Далее фокусируют термоприемник ПИП2 в точку теплового воздействия и перемещают ПИП2 в сторону удаления от движущегося точечного источника тепла до момента времени, когда контролируемое интегральное значение избыточной температуры  $S3$  по расстоянию  $R_{изм2}$  станет равным  $S2$ . Затем определяют проекцию точки  $R_{изм2}$  на ось  $X$  и измеряют  $x_{изм3}$ . Контролируемое температурное поле  $T_{изм3}(R, x)$  термоприемником ПИП2 движущимся с увеличенной скоростью  $V_2$  определяется соотношением:

---

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

$$T_{\text{изм3}}(R, x) = \frac{q}{2\pi\lambda R_{\text{изм2}}} \exp\left[-\frac{V_2(R_{\text{изм2}} - x_{\text{изм3}})}{2a}\right], \quad (3)$$

где  $x_{\text{изм3}}$  – расстояние между точкой теплового воздействия от СВЧ источника до проекции точки на расстоянии  $R_{\text{изм3}}$  на линию  $X$ .

Проведя ряд несложных математических преобразований выражений (1) и (2), температуропроводность можно определить по соотношению:

$$a = \frac{V_1(R_{\text{изм1}} - x_{\text{изм2}})}{2\ln\left(\frac{T_{\text{изм1}}x_{\text{изм1}}}{T_{\text{изм2}}R_{\text{изм1}}}\right)}. \quad (4)$$

Проведя ряд несложных математических преобразований выражений (2) и (3), получаем формулу для определения теплопроводности:

$$\lambda = \frac{q}{2\pi\Delta T} \left( \frac{1}{R_{\text{изм2}}} \exp\left[\frac{V_2(R_{\text{изм2}} - x_{\text{изм3}})}{2a}\right] - \frac{1}{R_{\text{изм1}}} \exp\left[\frac{V_1(R_{\text{изм1}} - x_{\text{изм2}})}{2a}\right] \right), \quad (5)$$

где  $\Delta T$  – разница между  $T_{\text{изм3}}(R, x)$  и  $T_{\text{изм2}}(R, x)$ .

Для реализации предложенного метода неразрушающего контроля ТФС материалов разработана ИИС, блок-схема которой представлена на рис. 1.

Над исследуемым материалом *1* помещают точечный источник тепловой СВЧ-энергии *2* и бесконтактный термоприемник *3*, сфокусированные на линию  $X$ . Бесконтактный термоприемник *4* сфокусирован на поверхность на линии  $R$ , направленную под углом  $\alpha$  к линии  $X$ . При этом с помощью линзы из радиопрозрачного материала *5* (фторопласт) излучение фокусируют в точку теплового воздействия *6*. Значения температур с термоприемников *3* и *4* поступают на нормирующий прецизионный усилитель *7* и через АЦП *8* поступают на компьютер *9*, который соединен с СВЧ-генератором *2* через блок управления *10* и блок питания СВЧ источника *11*. В компьютер *9* через его порт (клавиатура) *12* вводятся исходные данные ( $T_{\text{зад}}$ ,  $V_1$ ,  $q$ ). Датчики *13* положения термоприемников *3* и *4* определяют расстояния между точечным источником тепла и термоприемниками и через АЦП *14* передает данные в компьютер *9*. Блок управления реверсивным двигателем *15* подключен к компьютеру *9* и к блоку питания *16*, который, в свою очередь, подключен к реверсивному двигателю *17*, выходы которого соединены с механизмами перемещения *18* термоприемников *3* и *4*.

Перемещение всего измерительного зонда, состоящего из точечно-источника тепла *2* и термоприемников *3* и *4* над поверхностью исследуемых материалов с заданной скоростью  $V_1$  осуществляется двигателем постоянного тока *19* через механизм перемещения *20*, который кинематически связан с измерительным зондом.

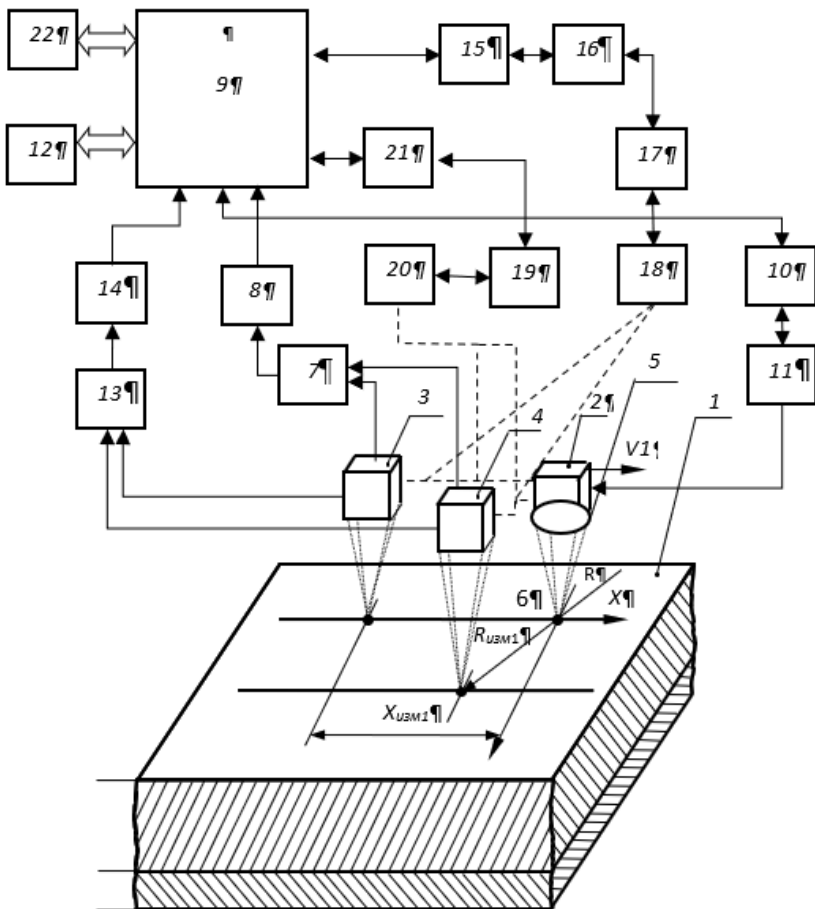


Рис. 1. Блок-схема ИИС, реализующая предложенный метод

Управление работой двигателя  $19$  осуществляется компьютером  $9$  через блок питания двигателя постоянного тока  $21$ . Компьютер  $9$  вычисляет равные интегральные значения температур в точках контроля температуры согласно заложенному в него алгоритму в соответствии с формулами дает команду на механизмы движения  $18$  и  $20$  прекратить движение термоприемников. После внесения информации о  $x_{изм1}$ ,  $x_{изм2}$ ,  $R_{изм1}$  в компьютер  $9$ , по формуле вычисляют теплопроводность исследуемого материала. Для определения теплопроводности исследуемого объекта измерительный процесс повторяется при движении зонда

скоростью  $V_2$ . Компьютер 9 вычисляет равные интегральные значения температур в точках контроля температуры согласно заложенному в него алгоритму в соответствии с формулами и дает команду на механизмы движения 18 и 20 прекратить движение термоприемников. После внесения информации о  $x_{изм3}$ ,  $R_{изм2}$  компьютер 9 вычисляет по формуле теплопроводность исследуемого материала. Экспериментальные данные об искомым ТФС выводятся на монитор 22.

### Список литературы

1. Чернышов, В. Н. Методы и информационно-измерительные системы неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов и изделий / В. Н. Чернышов, Т. И. Чернышова. – СПб. : Экспертные решения, 2016. – 384 с.

2. Чернышова, Т. И. Методы и системы неразрушающего контроля теплофизических характеристик и влажности объектов с использованием СВЧ-нагрева / Т. И. Чернышова, В. Н. Чернышов. – СПб. : Экспертные решения, 2021. – 192 с.

3. Микроволновые методы и системы контроля теплофизических характеристик материалов и изделий : монография / В. Н. Чернышов, Т. И. Чернышова. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 124 с.

4. Лыков, А. В. Теория теплопроводности / А. В. Лыков. – М. : Высшая школа, 1967. – 599 с.

*Кафедра «Уголовное право и прикладная информатика  
в юриспруденции» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

*Н. С. Попов, Д. А. Мисюрев\**

## **ОЦЕНКА И МОНИТОРИНГ ЗДОРОВЬЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ БРЕНДОВ**

### **Актуальность**

Региональные бренды с увеличенной частотой воспринимаются не только как названия производителей, но и как лицо территории. Для Тамбовской области такую роль могут выполнять «Мичуринские яблоки», «Котовская неваляшка», «Тамбовская картошка», «Тамбовский окорок», «Тамбовский мед» и другие локальные марки.

Эта тема приоритетна для малого и среднего бизнеса. Зачастую региональные производители часто имеют ограниченные рекламные бюджеты, но формируют локальную занятость и товарную полку. Федеральная инфраструктура поддержки МСП также строится с опорой на регионы: центры поддержки бизнеса работают в 88 субъектах РФ, они помогают предпринимателям по принципу одного окна [6].

Вследствие чего здоровье регионального бренда необходимо оценивать регулярно. Единственного списка узнаваемости марок недостаточно: требуется знать, какие бренды называют первыми, какие только с подсказкой, какие характеристики закреплены за маркой и как меняется ее положение между периодами [3].

Такой мониторинг предельно ясно показывает не только лидеров, но и скрытые расхождения в потребительском восприятии.

### **Дизайн замера и анкета**

Для оценки характеристик тамбовских брендов был создан опросник (<https://forms.yandex.ru/u/6974f070902902387b06cf86>). В его структуре были три основных блока. Первый показывал нам узнаваемость бренда без подсказки – этот ответ уходил в категорию top of Mind, то есть отражал первую ассоциацию. Далее респондент оценивал бренды по семи характеристикам (экологичность, ассортимент бренда, частота покупки, встречаемость на полках в магазинах, представленность в торговых сетях области, наличие собственных торговых точек

---

\* Работа выполнена под руководством доктора экономических наук, профессора ФГБОУ ВО «ПГУ» Р. Р. Толстякова.

и дизайн). Эти критерии отражают реальное восприятие марки. После шел блок с наведенным знанием, то есть респондент видел список региональных брендов и отмечал те, которые ему знакомы. Это позволило разделить на три уровня узнаваемости: первая ассоциация, спонтанное знание и наведенное знание.

Логика обработки строилась таким образом: формирование рейтинга узнаваемости, рассчитать средние оценки по критериям, построить лепестковые диаграммы, провести факторный анализ, построить карту позиционирования. Рейтинг покажет какие бренды знают респонденты, а карта позиционирования покажет сильные стороны брендов.

### **Материалы и методы обработки**

Шаг первый – использовались две выгрузки с зимнего и весеннего периода ответов, обрабатывались ответы при помощи ИИ ассистента Chat GPT plus. промт – *«первый список – это ответы респондентов, там указаны бренды. Они могут быть с ошибками и опечатками. Второго списка – эталонный список брендов. Найди все совпадения по смыслу с правильным списком, если имеются опечатки или ошибки, замени ответ на вариант из эталонного списка. Если бренда в списке нет, напиши «другой.» и добавь ответ респондента.*

*Пример: Жупекон → Жупикив, Емельянов → другой, Емельянов».*

Оба массива обрабатывались по релевантной схеме при помощи SQL кодов, которые быстро помогли построить рейтинг узнаваемости за 2 периода.

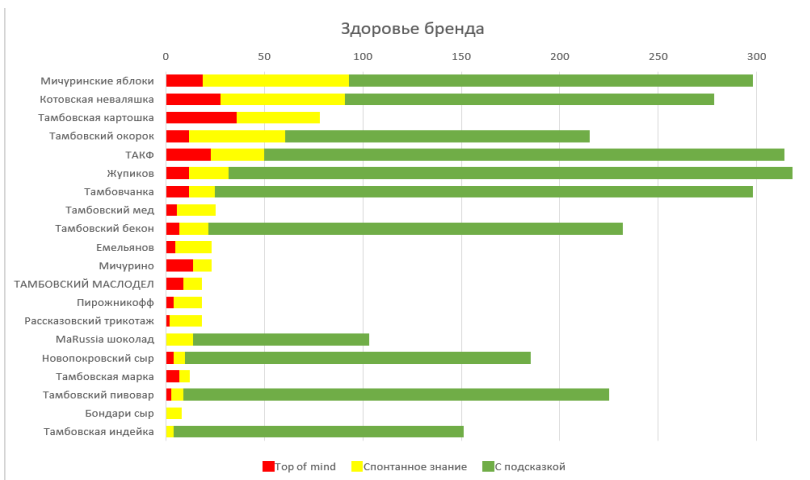
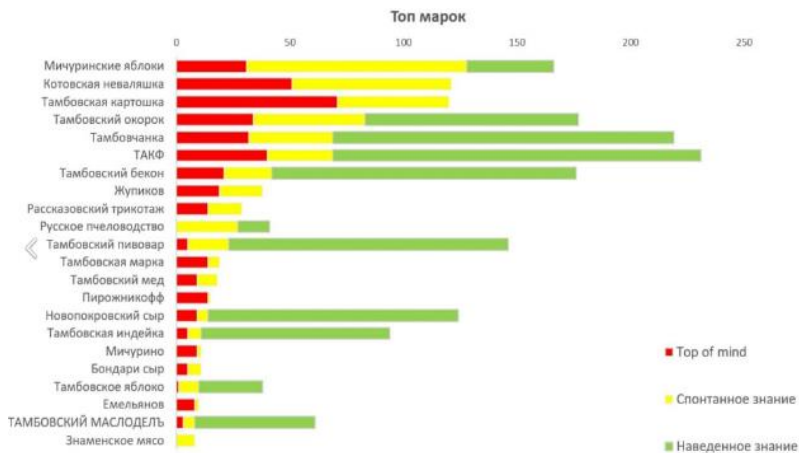
ссылка на код: <https://github.com/dejavu77788/Brands.sql>

Шаг второй – Построение сравнительной таблицы Зима–весна в программе Excel и выявление топ – 3 взлета и падений.

Топ 3 – взлета: Емельянов – рост на + 10 позиций с 20-го на 10-е место, ТАМБОВСКИЙ МАЛОДЕЛЬ – рост на + 9 позиций с 21-го на 12-е место, Мичурино – рост на + 6 позиций с 17-го на 11-е место.

Топ 3 – падений: Тамбовский пивовар – падение на –7 позиций: с 11-го на 18-е место, Рассказовский трикотаж – падение на – 5 позиций с 9-го на 14-е место, Тамбовская марка – падение на – 5 позиций с 1-го на 17-е место.

Шаг третий – Для оценки здоровья бренда рассчитывались средние значения по семи характеристикам [3]. Эти данные использовались для лепестковых диаграмм, в которой видны сильные и слабые стороны каждой марки.



**Рис. 1. Рейтинг узнаваемости зима–весна**

Сравнение рейтинга марок: зимний и весенний графики						
Марка	Место в рейтинге		Дельта	Статус	Комментарий	Модуль
	зима	весна				
3 Рассказовский трикотаж	9	14	-5	Падение	Просела на 5 поз.	5
5 Тамбовский пивовар	11	18	-7	Падение	Просела на 7 поз.	7
6 Тамбовская марка	12	17	-5	Падение	Просела на 5 поз.	5
7 Тамбовский мед	13	8	5	Рост	Поднялась на 5 поз.	5
11 Мичурино	17	11	6	Рост	Поднялась на 6 поз.	6
4 Емельянов	20	10	10	Рост	Поднялась на 10 поз.	10
15 ТАМБОВСКИЙ МАСЛОДЕЛЬ	21	12	9	Рост	Поднялась на 9 поз.	9

**Рис. 2. Сравнительный рейтинг марок зима–весна**

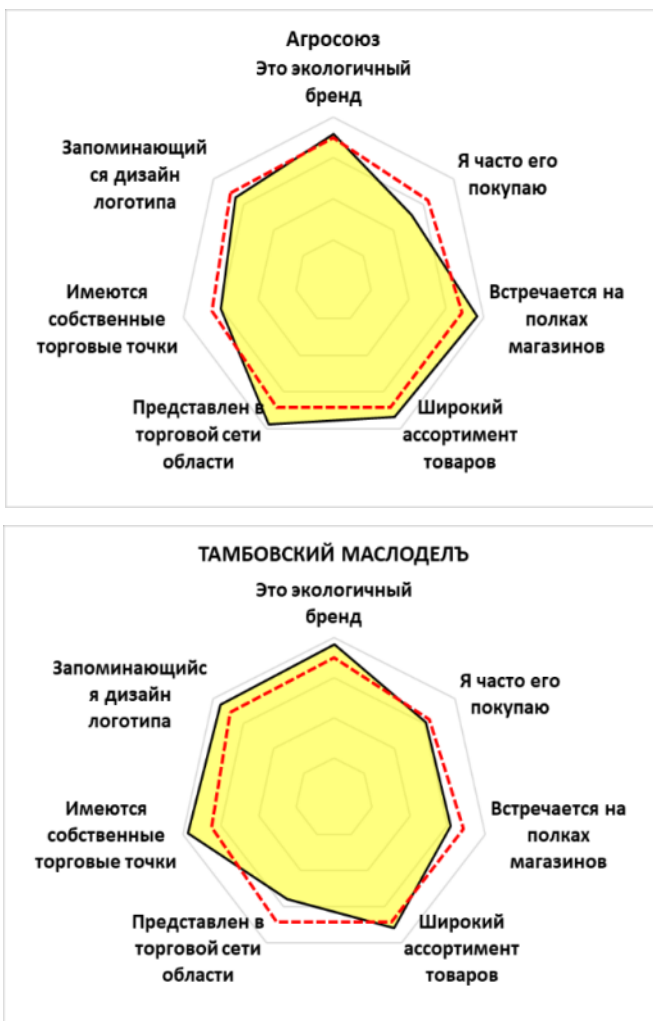


Рис. 3. Лепестковые диаграммы

Шаг четвертый – Произведен факторный анализ. КМО составил 0,866, критерий Бартлетта – 2502,047, а три выделенных фактора объяснили 75,07% дисперсии. Первый фактор связан с доступностью и визуальной узнаваемостью, второй – с лояльностью и прямыми продажами, третий – с экологичностью. После нормирования эти три фактора стали основной тернарной картой позиционирования (рис. 4).



## 1. Таблица изменений узнаваемости

Группа	Марки
Без изменений	«Мичуринские яблоки», «Котовская неваляшка», «Тамбовская картошка», «Тамбовский окорок»
Самый заметный рост	«Емельянов» +10, «ТАМБОВСКИЙ МАСЛОДЕЛЬ» +9, «Мичурино» +6, «Тамбовский мёд» +5
Самое заметное падение	«Тамбовский пивовар» –7, «Рассказовский трикотаж» –5, «Тамбовская марка» –5, «Тамбовская индейка» –4
Выбыли весной	«Русское пчеловодство», «Тамбовское яблоко», «Знаменское мясо»
Появилась весной	«MaRussia шоколад»

В итоге рейтинг и карта решают разные задачи. Рейтинг показывает силу узнаваемости, а карта объясняет структуру восприятия. Бренд может быть высокоизвестным, но без ярко выраженного преимущества по отдельной характеристике. Другая марка может занимать более низкое место в рейтинге, но иметь сильную позицию по экологичности, доступности или лояльности.

### Заключение

Проведенное исследование продемонстрировало, что здоровье региональных брендов необходимо оценивать через несколько показателей: Top of Mind, спонтанное и наведенное знание, средние оценки по характеристикам и карту позиционирования. Такой подход позволяет увидеть не только уровень узнаваемости марки, но и причины ее положения в рейтинге.

Зимний и весенний замеры показали устойчивый список лидеров: «Мичуринские яблоки», «Котовская неваляшка», «Тамбовская картошка» и «Тамбовский окорок» сохранили свои позиции. При этом средняя часть рейтинга заметно изменилась: «Емельянов», «ТАМБОВСКИЙ МАСЛОДЕЛЬ» и «Мичурино» показали рост, а «Тамбовский пивовар», «Рассказовский трикотаж» и «Тамбовская марка» просели.

Карта позиционирования дополнила рейтинг и показала, что бренды различаются по трем направлениям: доступность в рознице, лояльность потребителей и экологичность. Это позволяет визуализировать региональные марки не просто как список известных названий,

а как целую систему брендов с разными сильными сторонами. Важным результатом является автоматизация обработки данных при помощи Excel, SQL и ИИ – очистку открытых ответов. Такая схема помогает быстро обновлять рейтинги, сравнивать периоды и формировать визуальный отчет. В итоге регулярный мониторинг может стать основой для дашборда, который будет показывать текущее состояние здоровья региональных брендов и их динамику за выбранный период.

### Список литературы

1. Аакер, Д. А. Создание сильных брендов / Д. А. Аакер. – М. : Издательский дом Гребенникова, 2019. – 440 с.
2. Анхольт, С. Брендинг: дорога к мировому рынку / С. Анхольт. – М. : КУДИЦ-Образ, 2020. – 272 с.
3. Толстяков, Р. Р. Методика оценки здоровья брендов для совершенствования маркетинговых коммуникаций компании / Р. Р. Толстяков, О. Ю. Борзых // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. – 2023. – Т. 9, № 1. – С. 144 – 153.
4. Чернатони, Л. де. Создание сильных брендов в сфере услуг / Л. де Чернатони, М. МакДональд. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2018. – 398 с.
5. Тамбовская марка / Торгово-промышленная палата Тамбовской области [Электронный ресурс]. – URL : <https://tambov.tpprf.ru/ru/special/tambovskaya-marka/> (дата обращения: 01.05.2026).
6. Федеральная служба государственной статистики. Малое и среднее предпринимательство в России [Электронный ресурс]. – URL : <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 11.05.2026).
7. Савицкая, Г. В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия / Г. В. Савицкая. – М. : ИНФРА-М, 2020. – 378 с.

*Кафедра «Коммерция и бизнес-информатика» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

## СОДЕРЖАНИЕ

---

### **ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

*Н. С. Кутепов*

АЛГОРИТМ ДЕКОМПОЗИЦИИ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА НА ПРОСОДИЧЕСКИЕ И ТЕМБРАЛЬНЫЕ КОМПОНЕНТЫ В ЗАДАЧАХ ГОЛОСОВОГО КЛОНИРОВАНИЯ .....	3
--	---

### **СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ, ПРИБОРЫ**

*М. А. Гришкин*

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ АРХИТЕКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕМ .....	7
--	---

*Д. А. Михин, Н. С. Толстошеин*

СЕМАНТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАК СРЕДСТВО ВЫЯВЛЕНИЯ ФАКТОРОВ ТЕХНОГЕННОГО РИСКА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ .....	11
--	----

*Н. С. Толстошеин, Д. А. Михин*

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ .....	15
---	----

### **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, НАНОТЕХНОЛОГИИ, МАШИНОСТРОЕНИЕ**

*Д. А. Бадин, Т. С. Кузнецова*

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКОМПОЗИЦИОННОГО СОРБЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ БИОУГЛЯ, МОДИФИЦИРОВАННОГО ОКСИДОМ ЖЕЛЕЗА .....	21
--	----

*Д. А. Егоров*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТОВ РАЗРАБОТКИ ПОСТПРОЦЕССОРОВ SIEMENS NX ДЛЯ ТОКАРНЫХ СИСТЕМ: POST BUILDER ПРОТИВ POST CONFIGURATOR .....	25
--	----

*А. М. Коломлин*

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ ЛОПАСТНОГО ВИНТА .....	29
---	----

<i>А. И. Лаврин</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ИЗДЕЛИЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ПРИ ПОМОЩИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ .....	33
<i>О. А. Овсянников</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИМ-ТЕХНОЛОГИЙ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЙ .....	37
<i>Е. А. Соболев</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС-ПРОТОТИПОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ FDM-ПЕЧАТИ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРИ РАЗНОЙ ОРИЕНТАЦИИ СЛОЕВ .....	41
<i>А. Н. Тимиргалиев, Н. С. Воронина</i> ЕМКОСТНАЯ ДЕИОНИЗАЦИЯ ВОДЫ С ПОМОЩЬЮ ВЫСОКОПОРИСТЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ .....	44
<i>А. Н. Трунов</i> К ВОПРОСУ АКУСТИЧЕСКОЙ МЕТОДИКИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ИЗНОСА РЕЗЦА ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ ....	48
<i>А. Н. Трунов</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ АМПЛИТУДЫ АКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИЗНОСА ИНСТРУМЕНТА .....	52
<i>Д. Б. Тургунбоев</i> ЦИФРОВОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ: НОВЫЕ ВЫЗОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ОПЕРАТОРОВ СТАНКОВ С ЧПУ .....	56
<i>Д. И. Холодилин, Д. В. Третьяков</i> ПОДГОТОВКА К МЕХАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ МЕТАЛЛА ЛИСТОВОГО ПРОКАТА НА АО «ЗАВКОМ» .....	60
<i>Д. А. Шабунин</i> ПУСКОВОЕ УСТРОЙСТВО ИЗОЛИРУЮЩЕГО САМОСПАСАТЕЛЯ: ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ЗАПУСКА ПОДАЧИ КИСЛОРОДА И ДЕФЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА .....	63
<b>ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ</b>	
<i>Д. Д. Вяткина, М. А. Котова, Н. В. Шумкина</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУЧЕНИЯ МЯГКОГО ДИЕТИЧЕСКОГО СЫРА .....	67

## **ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ**

<i>А. Н. Алтацкая</i> АНАЛИЗ КОНКУРЕНТОВ, ПРЕДОСТАВЛЯЮЩИХ ИНФОРМАЦИЮ О ТУРИСТИЧЕСКИХ АКТИВНОСТЯХ В РЕГИОНЕ .....	71
<i>Д. В. Некрасов</i> T-Data: ОТ ЛЕКЦИЙ К ПРАКТИКЕ .....	78
<i>Д. Ю. Остроухов</i> СИСТЕМА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ .....	82
<i>Н. С. Попов, Д. А. Мисюрев</i> ОЦЕНКА И МОНИТОРИНГ ЗДОРОВЬЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ БРЕНДОВ .....	86

*Научное электронное издание*

# ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Сборник научных статей  
молодых ученых, аспирантов и студентов

Выпуск XVIII

Редактирование Е. С. Мордасовой  
Графический и мультимедийный дизайнер Т. Ю. Зотова  
Обложка, упаковка, тиражирование Е. С. Мордасовой

**ISBN 978-5-8265-3039-9**



9 785826 530399

Подписано к использованию 10.06.2026.

Тираж 100 шт. Заказ № 77

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»

392000, г. Тамбов, ул. Советская, 106/5,

помещение 2, к. 14.

Тел./факс (4752) 63-81-08

E-mail: izdatelstvo@tstu.ru