

ISSN 2072-0297

# МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



49 2024  
ЧАСТЬ I

16+

# Молодой ученый

## Международный научный журнал

### № 49 (548) / 2024

Издается с декабря 2008 г.

Выходит еженедельно

*Главный редактор:* Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

*Редакционная коллегия:*

Жураев Хусниддин Олгинбоевич, доктор педагогических наук (Узбекистан)  
Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук  
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук  
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)  
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук  
Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук  
Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук  
Абдрасилов Турганбай Курманбаевич, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)  
Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук  
Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук (Казахстан)  
Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук (Азербайджан)  
Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук  
Бердиев Эргаш Абдуллаевич, кандидат медицинских наук (Узбекистан)  
Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук  
Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук  
Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук  
Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук  
Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук  
Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук  
Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения  
Искаков Руслан Маратбекович, кандидат технических наук (Казахстан)  
Калдыбай Кайнар Калдыбайулы, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)  
Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук  
Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук  
Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук  
Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук  
Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук  
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)  
Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук  
Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук  
Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук  
Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук  
Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук  
Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук  
Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук  
Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук (Казахстан)  
Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии (Казахстан)  
Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук  
Рахмонов Азизхон Боситхонович, доктор педагогических наук (Узбекистан)  
Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук  
Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук  
Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук  
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)  
Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук  
Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук  
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры  
Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук (Узбекистан)  
Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук  
Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

*Международный редакционный совет:*

Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)  
Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)  
Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)  
Ахмеденов Кажмурат Максutowич, кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)  
Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)  
Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)  
Буриев Хасан Чутбаевич, доктор биологических наук, профессор (Узбекистан)  
Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)  
Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)  
Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)  
Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)  
Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Досманбетов Динар Бакбергенович, доктор философии (PhD), проректор по развитию и экономическим вопросам (Казахстан)  
Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)  
Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)  
Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)  
Кадыров Култур-Бек Бекмурадович, доктор педагогических наук, и.о. профессора, декан (Узбекистан)  
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)  
Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)  
Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)  
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)  
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)  
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Кыят Эмине Лейла, доктор экономических наук (Турция)  
Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)  
Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)  
Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)  
Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)  
Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)  
Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)  
Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)  
Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)  
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)  
Узаков Гулом Норбоевич, доктор технических наук, доцент (Узбекистан)  
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры (Россия)  
Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)  
Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)  
Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)  
Шуклина Зинаида Николаевна, доктор экономических наук (Россия)

---

---

На обложке изображен *Элизе Реклю* (1830–1905), французский географ и историк, член Парижского географического общества.

Элизе Реклю родился 15 марта 1830 года в семье небогатого сельского протестантского пастора в городке Сент-Фуа-ля-Гранд, в департаменте Жиронды на юге Франции. Учился он в протестантской средней школе в Нейвиде в Германии, позднее приступил к изучению теологии в Монтобана, однако вскоре отказался от намерений стать теологом. Свой выбор он сделал в пользу Берлинского университета, где в то время читал свои блестящие лекции по географии известный географ Карл Риттер.

В 1849 году Элизе, его брат Эли и еще один их товарищ решили пойти путешествовать пешком по югу Франции и изучить жизнь народа. В одном городке они были арестованы полицией, которая их заподозрила в политической пропаганде. Все трое были отправлены в Монтобан, где были немедленно исключены из университета.

В Берлине Реклю приходилось жить крайне бедно, добывая средства для существования уроками французского языка. Летом 1851 года Элизе отправился из Берлина пешком домой во Францию; дойдя до Страсбурга, он встретился здесь с братом Эли, и оба направились в местечко Ортец, где в то время жила семья Реклю.

Прибыв домой через три недели, братья Реклю прожили здесь всю осень, и в Ортеце застал их государственный переворот 1851 года, когда Наполеон III восстановил во Франции империю и провозгласил себя императором французов. Республиканцы пробовали оказать сопротивление, но всюду потерпели поражение. Братья Реклю организовали в Ортеце республиканскую манифестацию и призывали население встать на защиту республики. На их призыв никто не откликнулся, так что на следующий день на городской площади перед зданием Думы они были почти одни.

Местная полиция получила приказ арестовать обоих братьев Реклю, но начальник полиции, относившийся с большим уважением к их матери, уведомил ее тайно о готовящемся аресте сыновей и дал им время скрыться из города. Оба брата Реклю, спешно собравшись, бежали из Ортеца в Англию, которая в то время служила убежищем для политических эмигрантов всех стран.

Покинув Францию после переворота 1851 года, Реклю жил в Лондоне, путешествовал по Европе и Америке. Потерпев неудачу в создании сельскохозяйственной коммуны в Колумбии (Республика Новая Гранада) и вернувшись в Париж, с 1859 года Реклю начал публиковать в «Журнале двух миров» (*Revue des Deux Mondes*) свои статьи по географии, литературе, международной политике, экономике, археологии, библиографии. Также его статьи публиковались в *Tout du Monde* и других географических журналах. Географию земли и историю человечества будущий ученый познавал практически, сначала много путешествуя, а затем долгие годы составляя географические путеводители для известного французского издательства «Ашетт». В 1867 году был издан первый том его книги «Земля. Описание жизни Земного шара».

Он поддерживал республиканское и рабочее движение и совместно с М. Бакуниным и Д. Фанелли основал Альянс социалистической демократии, который в 1869 году примкнул к Первому Интернационалу. После того как немцы взяли в плен французского императора, в Париже была провозглашена республика. В это время немецкие войска уже подступали к стенам Парижа. Республиканцы спешно организовали национальную гвардию для защиты родного города. Элизе Реклю был одним из первых, записавшихся в ряды гвардии. Вскоре он перешел в воздухоплавательную команду, организованную его близким другом фотографом Надаром.

В начале 1871 года республиканское правительство решило сдать Париж немцам. Этот поступок вызвал взрыв негодования всего парижского народа, и национальная гвардия не захотела отдать свое оружие и продолжила защиту Парижа. 18 марта 1871 года Париж был объявлен свободным и независимым городом-коммуной. 4 апреля версальские войска окружили город сплошным кольцом, и в результате неудачной вылазки Элизе Реклю попал в плен. 5 ноября 1871 года, после полугода скитания по тюрьмам Версаля и Бреста, где ученый, не снимая кандалов с рук, продолжал писать «Землю», он был приговорен военным судом к вечной ссылке на поселение.

Такой жестокий приговор вызвал негодование всех европейских ученых, и в Англии образовался особый комитет для защиты Элизе Реклю. Во главе этого комитета стали знаменитый Чарльз Дарвин, Уоллес, Карпентер, и вечная ссылка в Новую Каледонию была заменена десятилетним изгнанием Реклю из Франции.

Почти через год после ареста, 14 марта 1872 года, Реклю с кандалами на руках был доставлен в закрытой арестантской карете на границу Швейцарии и выпущен на свободу.

В 1893 году ученый был приглашен на должность профессора сравнительной географии в Брюссельский университет, однако правительство и большинство профессоров, не разделяя политических взглядов Реклю, запротестовали по поводу его приглашения, и совет университета был вынужден согласиться с ними. Тогда Реклю и его сторонники в 1894 году создали Новый Брюссельский университет, где он и стал преподавать.

Свою крупнейшую работу «Земля и люди», вышедшую в 19 томах, Реклю писал 20 лет (с 1873 по 1893 год), каждый год издавая по тому объему около 900 страниц текста, с множеством карт, чертежей и рисунков. Автор рассматривал историю Земли в совокупности её черт: географии, природы, климата, этнографии и статистических данных о населении различных регионов и их деятельности.

4 июля 1905 года великий географ и путешественник скончался на руках своих близких друзей.

Он был похоронен на кладбище Икселя в пригороде Брюсселя.

*Информацию собрала ответственный редактор  
Екатерина Осянина*

---

---

## СОДЕРЖАНИЕ

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<b>Безотчество В. А.</b> Оценка влияния цифровых технологий на психическое здоровье и благополучие.....	1
<b>Головатюк А. С.</b> Оптимизация работы и устройства склада .....	2
<b>Калинин Ю. В.</b> Модернизация программного обеспечения стенда термографических испытаний технологического передела «Сборка холодильников» завода холодильников ООО «INP Appliances» .....	4
<b>Мухамбетсаги Д. Ш.</b> Разработка алгоритма функционирования веб-ресурса для образовательного центра .....	7
<b>Парфенов А. К.</b> Анализ и оценка инвестиционных рисков при инвестировании с применением математического моделирования .....	9
<b>Попов М. Д.</b> Автоматизация процесса получения лекарств: современные цифровые решения.....	13
<b>Ткачев В. Л.</b> Машинное обучение и применение его в инвестициях .....	16
<b>Топалов Н. К.</b> Анализ производительности современных систем управления базами данных .....	19

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>Альдарвиш А. Я.</b> Инновационные напитки из листы амаранта ...	22
<b>Альдарвиш А. Я.</b> Инновационные чайные продукты из листы амаранта .....	27
<b>Андреев П. А.</b> Преимущества и недостатки композитной арматуры .....	33
<b>Батуев М. В.</b> Теория принятия решений в энергетике .....	35

<b>Бояршинов П. О., Зотов Д. А.</b> Гальваническая изоляция в современных промышленных системах.....	36
<b>Жумагалиев А. К., Новокрещенных А. В.</b> Воздушная навигация в Арктике и районах Крайнего Севера .....	39
<b>Комаров А. В.</b> Исследование причин возникновения поперечной ребристости на одноклетьевом реверсивном стане холодной прокатки .....	41
<b>Ляпкало А. С.</b> Сравнение различных методик расчета трубобетонных колонн круглого сечения на центральное сжатие .....	48
<b>Пиманов С. Ю.</b> Эпоха 3D (decarbonization, decentralization, digitalization) в энергетике: актуальные технологии и тренды .....	51
<b>Рылова А. М.</b> Нейросетевое моделирование систем охлаждения солнечных электростанций.....	54
<b>Салахутдинов М. И.</b> Определение и согласование характеристик компонентов системы подготовки, подачи и отвода воздуха электрохимического генератора методом одномерного моделирования.....	55
<b>Ширяева И. А.</b> Автоматизация процесса инвентаризации в складской логистике .....	62

### АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

<b>Булатов Р. А., Жидко Е. А.</b> Навесные фасадные системы как инструмент энергосбережения и повышения энергетической эффективности зданий гражданского назначения .....	65
<b>Чупрова Е. Е.</b> Зависимость веса образцов призм и кубов от процентного содержания и длины полипропиленового фиброволокна .....	70
<b>Шахмат Б. М.</b> Инновационные методы диагностики состояния кирпичных стен перед их усилением	72



# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

## Оценка влияния цифровых технологий на психическое здоровье и благополучие

Безотечество Владислав Артемович, студент  
Камчатский государственный технический университет (г. Петропавловск-Камчатский)

В статье представлены данные современных научных исследований, проведенных в области психологии, медицины и социальных наук, а также анализ положительных и отрицательных аспектов использования цифровых технологий различными группами населения.

**Ключевые слова:** цифровые технологии, психическое здоровье, стресс, тревожность, социальные сети, цифровая зависимость, когнитивное развитие.

Цифровые технологии прочно вошли в повседневную жизнь и оказывают значительное влияние на психическое здоровье и общее благополучие человека. В условиях стремительного роста времени, проводимого в онлайн-пространстве, становится важным изучение как положительных, так и отрицательных эффектов технологий на психику.

Современные исследования подтверждают, что цифровые технологии способствуют улучшению доступа к информации, развитию новых форм общения и повышения удобства в выполнении различных задач. Однако их чрезмерное или неконтролируемое использование связано с такими негативными последствиями, как цифровая зависимость, повышенный уровень стресса и ухудшение когнитивных функций.

Регулярное использование социальных сетей оказывает двойной эффект на психическое здоровье. С одной стороны, оно способствует формированию новых социальных связей и повышению уровня социальной поддержки. С другой стороны, чрезмерное использование социальных платформ связано с ростом уровня тревожности, ухудшением самооценки и развитием феномена «страха упущенных возможностей» (FOMO).

Не менее важным аспектом является влияние цифровых технологий на когнитивное развитие. Исследования показывают, что постоянное переключение между задачами в цифровой среде приводит к снижению концентрации внимания и ухудшению памяти. Вместе с тем, использование образовательных технологий может способствовать развитию когнитивных навыков при условии грамотного подхода к их применению.

### Методы исследования

Для достижения цели исследования был проведен систематический анализ современных данных о влиянии цифровых технологий на психическое здоровье. Методология включала обзор научных публикаций, рецензируемых журналов и данных систематических мета-анализов.

Особое внимание уделялось статистическим методам анализа, включая корреляционный анализ, тесты на выявление зависимости и регрессионные модели. Это позволило оценить значимость факторов, связанных с использованием технологий, и выявить основные тренды их влияния на психику.

### Результаты исследования

- Социальные сети:**
- Исследования выявили положительное влияние социальных сетей на поддержание социальных контактов, однако избыточное время, проводимое в них, связано с риском депрессии и тревожных расстройств.
- Игровые платформы:**
- Компьютерные игры способствуют развитию стратегического мышления и реакции, однако чрезмерное увлечение ими может приводить к социальной изоляции и цифровой зависимости.
- Цифровая зависимость:**
- Она проявляется в виде неконтролируемого стремления к использованию гаджетов, что негативно сказывается на качестве сна, уровне стресса и продуктивности.

### 7. Когнитивные функции:

8. Исследования показали, что постоянное использование технологий снижает способность к длительной концентрации внимания, однако способствует развитию многозадачности.

### Выводы и рекомендации

1. **Баланс использования:** Необходимо внедрение принципов осознанного и сбалансированного использования цифровых технологий.

### Литература:

1. Гребенникова, И. В., & Краева, Н. В. (2018). Влияние социальных сетей на психологическое состояние подростков. Психология и педагогика: научный альманах, 5(1), 25–32.
2. Литвак, М. Б. (2019). Цифровые технологии и их влияние на психику современного человека. Вопросы психологии, 66(4), 13–23. <https://doi.org/10.1142/9780191893348>
3. Ковалёв, В. В., & Павлов, С. М. (2020). Психология зависимости от интернета: Новые угрозы XXI века. Психологические исследования, 7(3), 45–56.
4. Рогова, И. Ю. (2021). Цифровая зависимость: психофизиологические и социальные аспекты. Российский психиатрический журнал, 28(2), 101–110.
5. Смирнов, И. П., & Козлов, В. Е. (2017). Влияние цифровых технологий на эмоциональное благополучие студентов. Журнал психологии и психотерапии, 10(2), 140–149.

2. **Образование:** Разработка программ по цифровой гигиене, направленных на обучение людей правильному использованию технологий.

3. **Дополнительные исследования:** Требуется изучение долгосрочных эффектов цифровых технологий на психическое здоровье и когнитивные функции.

Цифровые технологии могут быть мощным инструментом для повышения благополучия, если их использование подчинено осознанному подходу и контролю. Углубленные исследования и внедрение образовательных программ помогут минимизировать их негативное влияние на психику.

## Оптимизация работы и устройства склада

Головатюк Арина Сергеевна, студент магистратуры

Башкирская академия государственной службы и управления при Главе Республики Башкортостан (г. Уфа)

*В статье рассматриваются методы оптимизации работы и устройства склада, являющиеся важным элементом эффективного управления цепочкой поставок: планированию складского пространства, включая разделение на зоны, уплотнение хранения, оптимизацию маршрутов перемещения и применение ABC-анализа. Особое внимание уделено автоматизации складских процессов с помощью систем управления складом (WMS), автоматических конвейеров, роботов и технологий штрихкодирования. Важную роль в оптимизации играют информационные технологии, такие как ERP-системы, прогнозирование спроса и интернет вещей (IoT). Отмечена значимость обучения и мотивации персонала для повышения эффективности работы склада. Автоматизация, внедрение современных технологий и внимание к человеческому фактору — ключевые направления оптимизации складских процессов.*

**Ключевые слова:** логистика, система управления складом, эффективность, автоматизация процессов.

Современный склад является важным звеном в цепочке поставок, обеспечивающим хранение и распределение товаров. Эффективное функционирование склада напрямую влияет на скорость выполнения заказов, уровень сервиса и операционные затраты компании. В современных условиях, когда конкуренция на рынках растет, а требования к скорости и качеству обслуживания повышаются, оптимизация работы и устройства склада становится приоритетной задачей для предприятий.

Эффективная работа склада базируется на грамотной организации складского пространства. Хорошо спланированный склад позволяет ускорить перемещение товаров и свести к минимуму риски повреждения продукции.

При планировании складского пространства следует учитывать следующие моменты:

— склад можно разделить на несколько зон, каждая из которых предназначена для определенных типов товаров и операций. Например, можно выделить зоны для хранения, приемки, комплектации и отгрузки товаров. Это разделение позволяет эффективно использовать площадь склада и ускорить выполнение операций, что повышает общую эффективность работы склада;

— уплотнение хранения: использование стеллажных систем и многоярусных конструкций на складе позволяет эффективно использовать пространство и увеличить полезную площадь. Автоматизированные стеллажные си-

стемы, такие как карусельные и лифтовые системы, занимают меньше места и облегчают доступ к товарам, что делает хранение более компактным и удобным;

— оптимизация маршрутов перемещения: для сокращения времени перемещения персонала и техники по складу важно грамотно спланировать маршруты. Основные маршруты должны быть как можно короче и не пересекаться, чтобы избежать пробок и лишних передвижений, что поможет повысить эффективность работы склада;

Автоматизация складских процессов — один из основных способов повышения эффективности работы склада. Внедрение автоматизированных систем позволяет снизить расходы на труд, уменьшить количество ошибок и ускорить выполнение операций, что приводит к общему повышению производительности склада.

Информационные технологии играют важную роль в оптимизации работы склада. Они позволяют не только автоматизировать складские процессы, но и интегрировать склад с другими подразделениями компании, а также улучшить взаимодействие с поставщиками и клиентами.

Основные направления использования ИТ на складе:

— ERP-системы: интеграция складской системы с ERP-системой предприятия позволяет объединить все бизнес-процессы компании в единую информационную систему. Это дает возможность оперативно получать данные о запасах, планировать поставки и управлять заказами;

— системы прогнозирования спроса: прогнозирование спроса с помощью аналитических инструментов позволяет более точно планировать запасы на складе, избегая как избытка, так и дефицита товаров. Это особенно важно для компаний с широким ассортиментом продукции;

— облачные решения. Использование облачных технологий для управления складом позволяет улучшить доступность данных и упростить их обработку. Облачные решения также обеспечивают возможность удаленного управления складскими процессами и интеграцию с другими системами;

— интернет вещей (IoT): внедрение IoT-устройств на складе позволяет отслеживать состояние оборудования, контролировать условия хранения и управлять энергопотреблением. Это способствует повышению уровня безопасности и снижению эксплуатационных затрат.

Несмотря на важность автоматизации и внедрения технологий, человеческий фактор продолжает играть ключевую роль в работе склада. Обучение и мотивация персонала — это важные аспекты, от которых зависит эффективность работы склада.

Регулярное обучение и повышение квалификации сотрудников позволяет повысить их компетентность и эффективность работы. Важно обучать персонал не только техническим навыкам, но и методам управления временем, техники безопасности и работы в команде.

Создание мотивационной системы на складе позволяет стимулировать сотрудников к более продуктивной работе. Это могут быть как материальные, так и нематериальные поощрения: премии, бонусы, карьерный рост, признание заслуг и т.д.

Создание комфортных условий труда на складе, таких как удобные рабочие места, современное оборудование и соблюдение норм безопасности, способствует повышению производительности и снижению текучести кадров.

Оптимизация работы и устройства склада — это комплексная задача, требующая учета множества факторов, от планировки пространства до внедрения современных технологий. Грамотно организованный склад позволяет значительно сократить операционные затраты, повысить скорость выполнения заказов и улучшить качество обслуживания клиентов. В условиях современной экономики, где конкуренция возрастает, оптимизация складских процессов становится одним из ключевых факторов успеха компании.

Внедрение автоматизированных систем, использование информационных технологий и внимание к обучению персонала — это те направления, которые помогут компании достичь высоких показателей эффективности работы склада.

#### Литература:

1. Иванов, Г. Г. Складская логистика: учебник / Г. Г. Иванов, Н. С. Киреева. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2023. — 192 с. — (Высшее образование). — ISBN978-5-8199-0712-2. — Текст: электронный.
2. Николаев, В. М. «Эффективное управление складом: практическое руководство». Издательство «Деловая Литература», 2019.
3. Петров, И. Н. Автоматизация складских процессов: современные технологии и их применение // Логистика и управление цепями поставок, № 4, 2022, С. 12–18.
4. Сидоров, К. Л. «Информационные технологии в складской логистике: от ERP до IoT». Издательство «Инфосистемы», 2020.
5. Стратегические ориентиры управления экономической безопасностью: коллективная монография / отв. ред. З. Э. Сабирова, О. В. Сидорова. — Уфа: Мир печати, 2023. — 322 с.
6. Смирнова, О. Ю. Роль мотивации персонала в повышении эффективности работы склада // Управление персоналом, № 6, 2021, С. 25–30.
7. Brown, J., & Smith, M. «Warehouse Optimization: Strategies for Efficient Operations». International Journal of Supply Chain Management, 2022.

8. Chopra, S., & Meindl, P. «Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation». Pearson Education, 2019.
9. Lee, K., & Park, H. «The Impact of Automation on Warehouse Performance». Journal of Logistics and Automation, 2021.

## Модернизация программного обеспечения стенда термографических испытаний технологического передела «Сборка холодильников» завода холодильников ООО «IHP Appliances»

Калинин Юрий Васильевич, ведущий инженер ремонтной службы  
ООО «IHP Appliances» (г. Липецк)

На заводе холодильников на одной из сборочных линий качество выпускаемой продукции контролируется на линии быстрых функциональных испытаний (ЛБФИ), представляющей из себя карусель, на которой холодильники проверяются в течение 30 минут. Далее принимается окончательное решение о качестве холодильника — холодильник направляется к потребителю или будут устраняться обнаруженные дефекты.

На ЛБФИ холодильники проверяются на отсутствие утечки хладагента, компьютеризированные стенды контролируют работоспособность лампы освещения в холодильной камере, проводят необходимые электрические тесты и выполняют тест функциональной пригодности (термографические испытания). Критерии испытаний и все результаты хранятся на сервере базы данных.

Модернизации стенда термографических испытаний и посвящена настоящая работа.

Несколько слов об этих испытаниях. Для выполнения термографических испытаний холодильник должен успешно пройти все предыдущие тесты. В этом случае на изделие подаётся питание в течение 590 секунд. По достижении позиции, где установлена термокамера, программа загружает из неё фотографию тыльной стороны холодильника (сторона компрессора и конденсатора). На снимке выделяются четыре исследуемые прямоугольные области (зоны) и определяется максимальная температура в каждой из них. На основании критериев испы-

таний, хранящихся на сервере, делается вывод о прохождении теста.

Цели:

— На стенде термографических испытаний из-за устаревания аппаратной и программой частей необходимо обновление последних для возможности использования доступного оборудования и современной операционной системы (программа работает только на Windows 2000 из-за использования платы видеозахвата для шины PCI, отсутствующей в современных компьютерах). Поддержка этой платы прекратилась в 2003 году. Кроме того термокамера LAND FTI 6 практически исчерпала свой ресурс и подвержена частым отказам, её цена на рынке слишком высока.

— Из-за санкционных ограничений нет возможности получить с сайта производителя Flir средства разработки. Необходимо использовать только доступное программное обеспечение — идти по пути импортозамещения.

### Технико-экономическое обоснование

В случае отказа термографического стенда снижается производительность ЛБФИ из-за необходимости проверки холодильников на длительных испытаниях. Это влечёт за собой снижение производительности всей сборочной линии. Чтобы не допустить этого было принято решение интегрировать в систему имеющуюся термока-

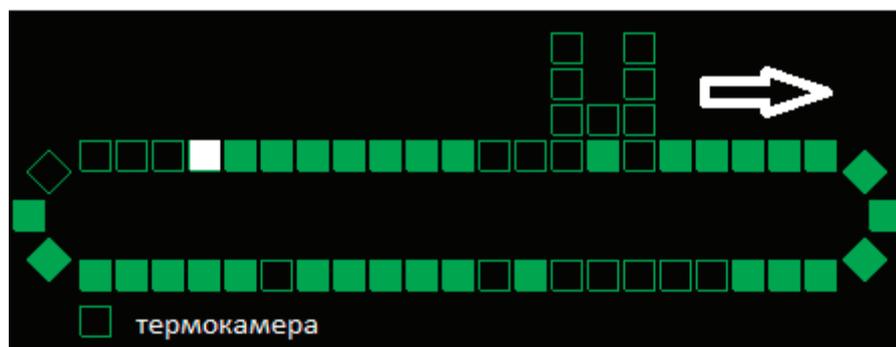


Рис. 1. Линия быстрых функциональных испытаний

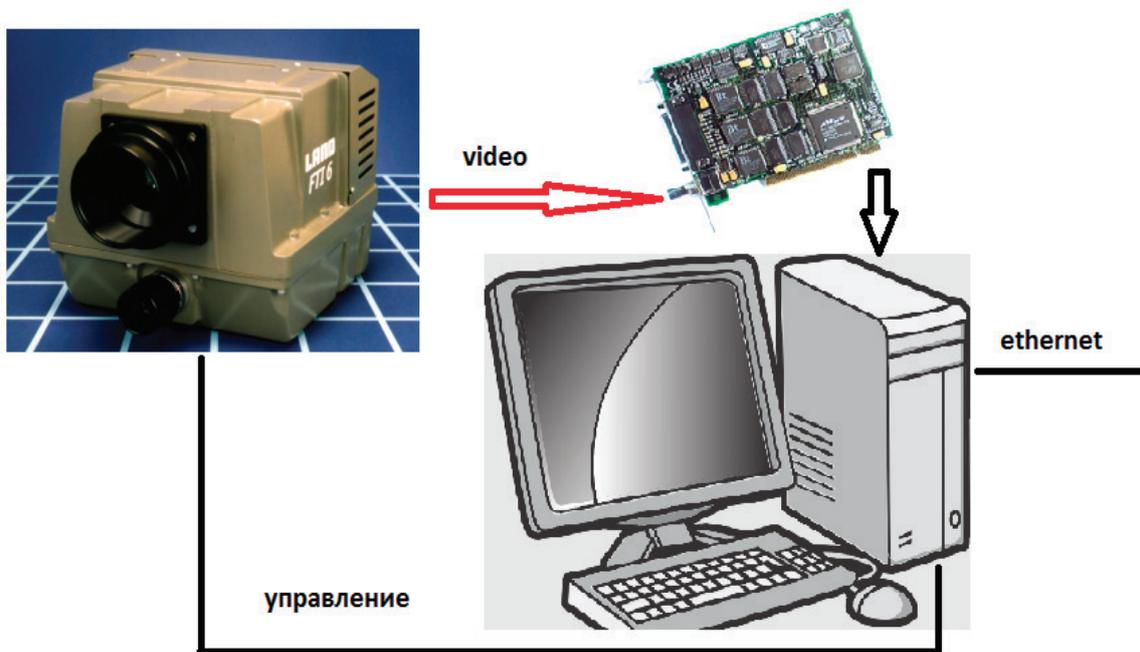


Рис. 2. Структурная схема старого стенда термографических испытаний

меру Flir A300 и создать новое программное обеспечение для стенда термографических испытаний.

**Стадия освоения**

Внедрено в производство с 17.06.2024 г.

Далее всё описание будет относиться к термокамере Flir и обновлённой системе. Тепловизионная камера транслирует в сеть в реальном времени потоковое видео инфракрасного изображения с частотой 30 кадров в секунду. Из этого потока в нужный момент извлекается один кадр для дальнейшей обработки. Трансляция ведётся в оттенках серого цвета, т.к. в инфракрасном спектре нет привычных нам цветов радуги. Для большей наглядности сцена рас-

крашивается программой в цвета палитры, выбираемой пользователем из меню. На рис. 4 приведены примеры возможных палитр.

На рис. 5 представлен пример работы программы.

В левой части мы видим термографическую картинку. Выделяются четыре зоны. В каждой зоне находится максимальная и минимальная температура, отображаемая в секции Area's temperatures. Критерии и результаты выводятся в секции Area's results. Здесь же мы видим температуру окружающей среды (T ambient), температуру холодильной камеры (T cell), заданное (Time ref.) и реальное (Time real) время работы холодильника до начала испытаний. Резюме (Total result): PASS или FAIL. Внизу отображается состояние связи с абонентами сети, участвующих в процессе:

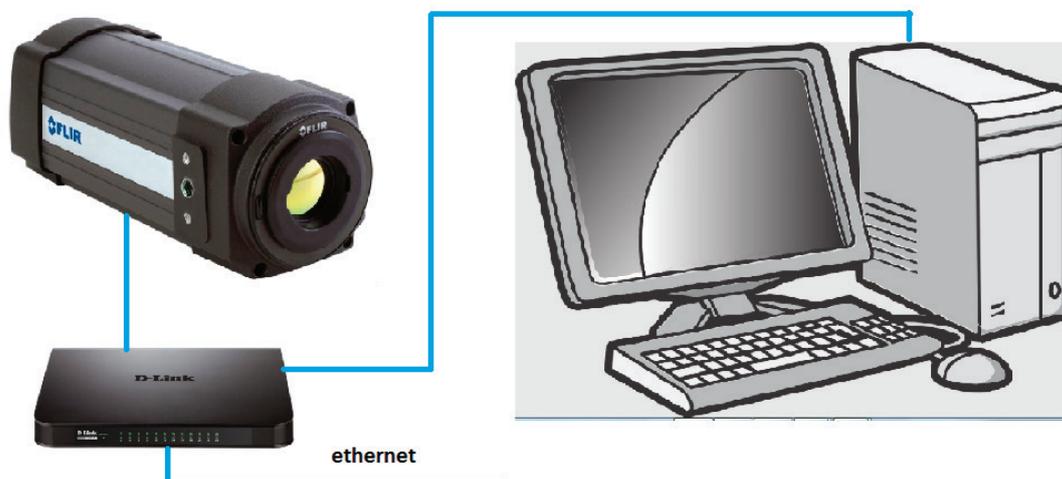


Рис. 3. Структурная схема нового стенда термографических испытаний

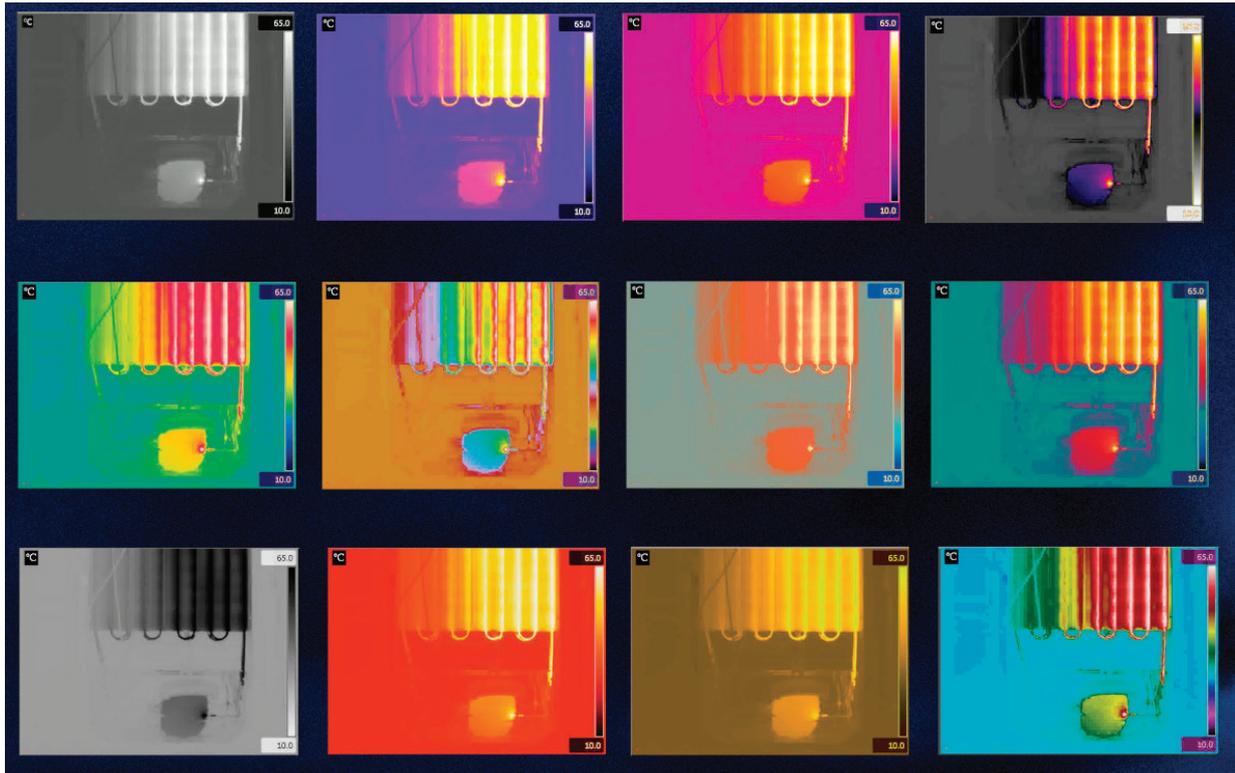


Рис. 4. Возможные палитры для раскраски исследуемой сцены

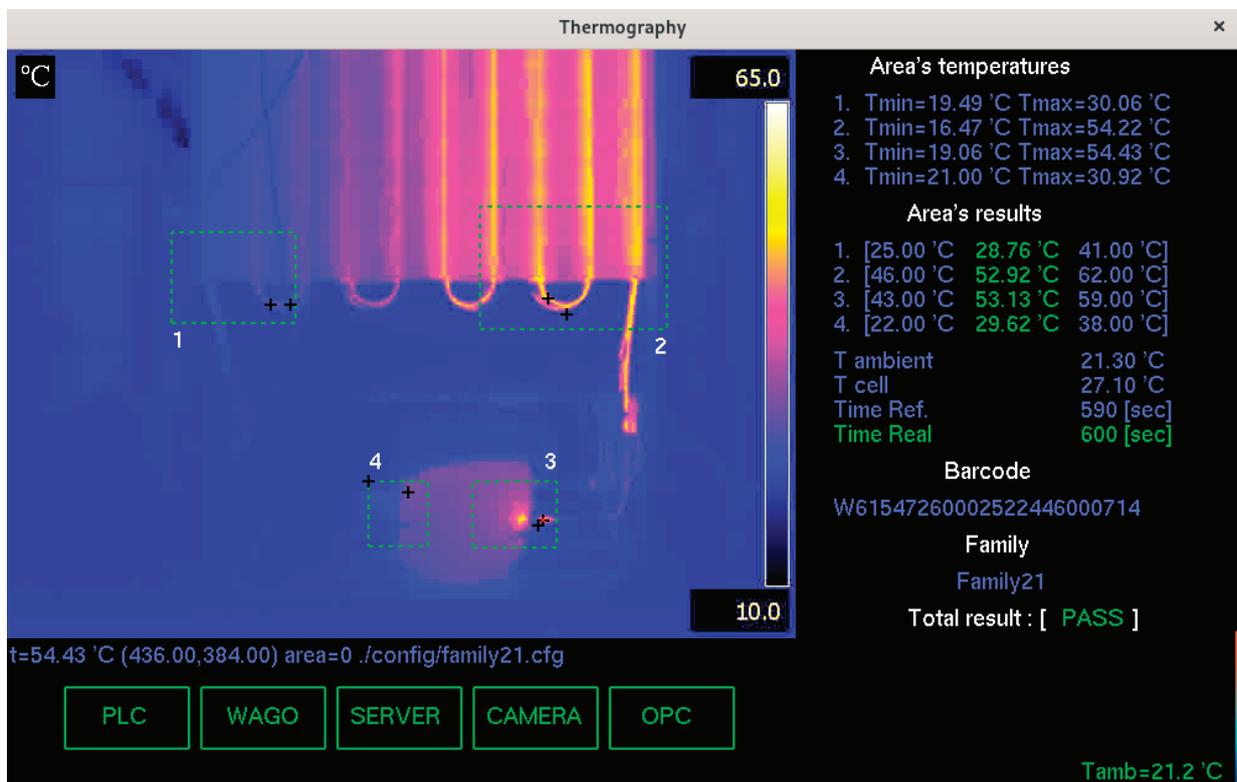


Рис. 5. Пример рабочего экрана стенда термографических испытаний

PLC (программно-логический контроллер) управления кольцом испытаний, контроллер Wago для чтения температуры окружающей среды, сервер базы данных, термокамера и OPC сервер для связи с PLC Simatic S7.

Все результаты испытаний (фотографии) сохраняются на жёсткий диск для возможности изучения при необходимости: картинка просто загружается на экран, раскрашивается по желанию пользователя. При необходимости

можно узнать температуру в желаемой точке, наведя на неё указатель мыши. Программа позволяет редактировать положение и размер контролируемых зон, удалять и добавлять их. Из лог-файла можно почерпнуть информацию о ходе выполнения программы.

Программа термографических испытаний работает под управление операционной системы Linux. ОС Linux

хорошо зарекомендовала себя при использовании в производственных условиях своей высокой надежностью и минимальными требованиями к аппаратной части компьютера. К тому же операционная система поставляется с набором программ для применения в различных областях деятельности. Программа написана с использованием библиотеки OpenGL.

#### Литература:

1. Страуструп Б. Язык программирования C++ (стандарт C++11). Краткий курс. Пер. с англ.— М.: Издательский дом Бином, 2017 г.— 176 с.: ил.
2. Bjorn Andrist, Victor Sehr C++ High Perfomance, Packt Publishing, 2020 г.— 513 с.
3. Paul Raines, Jeff Tranter TCL/TK in a nutshell, O'Reilly Media Inc., 1999 г.— 429 с.
4. Тейнсли Д. Язык shell Linux и Unix: Пер. с англ.— К.: Издательская группа BHV, 2001 г.— 512 с.
5. Хилл Ф. OpenGL. Программирование компьютерной графики. Для профессионалов.— СПб.: Питер, 2002 г.— 1088 с.: ил.
6. Basic ICD FLIR IR Camera — PC (Электронный ресурс) URL: [https://github.com/uglymie/flir-a300-control-and-display/blob/master/doc/FLIR\\_telnet\\_commands.pdf](https://github.com/uglymie/flir-a300-control-and-display/blob/master/doc/FLIR_telnet_commands.pdf) (дата обращения 04.12.2024 г.)

## Разработка алгоритма функционирования веб-ресурса для образовательного центра

Мухамбетсаги Дастан Шынгысулы, студент магистратуры

Научный руководитель: Кожамкулова Жадра Жумагуловна, PhD, ассоциированный профессор  
Университет «Туран» (г. Алматы, Казахстан)

*В данной работе рассматривается процесс разработки алгоритма функционирования веб-ресурса для образовательного центра. Основной целью проекта является создание интуитивно понятной и функциональной платформы, которая обеспечит удобный доступ к образовательным материалам, курсам и ресурсам для учащихся и преподавателей.*

**Ключевые слова:** образование, цифровые платформы, внедрение.

### Введение

Современные образовательные центры нуждаются в цифровых решениях [1], которые обеспечивают удобство, эффективность и индивидуальный подход. Веб-ресурсы становятся важным инструментом для повышения вовлеченности учащихся и оптимизации организационных процессов. Одним из вызовов является создание платформ, способных адаптироваться к специфике различных образовательных учреждений, что требует применения инновационных подходов.

### Требования к веб-ресурсу

Перед началом разработки веб-ресурса необходимо четко определить требования, которые будут определять его функциональность и удобство использования. Эти требования должны учитывать как потребности конечных пользователей, так и технические аспекты реализации платформы. Ниже перечислены ключевые пункты, которые следует учесть при проектировании веб-ресурса:

**Интерфейс пользователя** должен быть интуитивно понятным и удобным для навигации. Элементы дизайна должны быть адаптивными, чтобы обеспечить доступность на различных устройствах [2];

#### Функциональные возможности:

- Регистрация и аутентификация пользователей (учащиеся и преподаватели) по корпоративной почте.
- Доступ к учебным материалам, включая видео, тесты, задания и прочее;

**Технические параметры:** Платформа должна поддерживать большое количество одновременных сессий (в частности, во время массовых тестирований), онлайн-проигрыватель и быть удобным для использования.

### Разработка алгоритма функционирования

Разработанный алгоритм функционирования веб-ресурса включает несколько ключевых этапов, каждый из которых играет роль в обеспечении эффективного взаимодействия пользователей с платформой. Эти этапы должны быть продуманы таким образом, чтобы они соот-

ветствовали требованиям, обозначенным ранее. Рассмотрим более подробно каждый из предложенных этапов:

1. **Регистрация пользователей.** Процесс регистрации должен быть простым и безопасным [3]. Пользователи заполняют форму с базовой информацией (имя, электронная почта, пароль) и получают подтверждение по электронной почте. После этого они могут войти в систему.

2. **Навигация по контенту.** После входа пользователи попадают на главную страницу, где представлена информация о доступных курсах и материалах, предложенный учебной организацией [4]. Навигация внутри веб-ресурса должна быть оптимизирована как для использования на компьютерах, так и на мобильных устройствах, таких как смартфоны и планшеты, обеспечивая удобство взаимодействия вне зависимости от платформы [5].

3. **Взаимодействие с преподавателями.** Платформа должна обеспечивать возможность общения учащихся с преподавателями через форумы и чаты. Для упрощения использования функционала чатов целесообразно реализовать их в формате, схожем с интерфейсом современных мессенджеров (например, Telegram или WhatsApp), при этом ограничив функциональность до элементов, необходимых исключительно для обеспечения коммуникации между пользователями.

4. **Система оценивания.** Учащиеся могут проходить тесты и задания, результаты которых автоматически сохраняются в их профиле [6]. Преподаватели будут просматривать результаты и предоставлять обратную связь, что способствует улучшению учебного процесса [7].

#### Тестирование и внедрение

Перед запуском веб-ресурса необходимо провести всестороннее тестирование, включая функциональное тестирование, тестирование на удобство использования и проверку безопасности [8]. Это поможет выявить возможные ошибки и улучшить пользовательский опыт [9]. После

успешного тестирования следует этап внедрения, который включает обучение пользователей и маркетинговую кампанию для привлечения учащихся и преподавателей.

Для того чтобы выбрать наиболее подходящую платформу для создания веб-ресурса, важно оценить доступные варианты. В таблице ниже представлены ключевые характеристики трех популярных образовательных платформ: Canvas, Moodle и Blackboard (Таб. 1). Сравнение этих платформ поможет выявить их сильные и слабые стороны, что в свою очередь позволит сделать обоснованный выбор в зависимости от потребностей учебного заведения.

Запустив веб-ресурс, следует регулярно собирать и анализировать данные о его использовании. Это может включать статистику посещаемости, результаты тестов и отзывы пользователей. На основе собранной информации можно вносить изменения и улучшения в платформу. Проведение регулярных опросов среди учащихся и преподавателей поможет выявить их потребности и пожелания, что позволит адаптировать контент и функциональность веб-ресурса под реальные требования пользователей.

#### Научная новизна

Разработка веб-ресурса для образовательных центров имеет определённые перспективы, а именно модульную архитектуру, геймификацию и методологию оценки.

**Модульная архитектура** позволяет адаптировать платформу под потребности образовательных центров, добавлять функции (управление планами, отчетность, адаптивное обучение) без полной переработки и упрощает обслуживание данного ресурса.

**Геймификация** повышает мотивацию учащихся через игровые элементы: баллы, уровни, виртуальные награды. Это может создать интерактивную среду и улучшает образовательные результаты, обеспечивая позитивный отклик пользователей.

Таблица 1. Основные характеристики образовательных платформ Canvas, Moodle и Blackboard

Характеристика	Canvas	Moodle	Blackboard
<b>Функциональность</b>	Широкий набор инструментов для управления курсами.	Гибкая и настраиваемая, требует больше настройки.	Мощные аналитические инструменты для высшего образования.
<b>Пользовательский интерфейс</b>	Современный и интуитивно понятный.	Менее дружелюбный, требует привыкания.	Традиционный интерфейс, может быть менее привлекательным.
<b>Интеграция</b>	Хорошая поддержка интеграций с другими сервисами.	Поддерживает множество интеграций, но требует настройки.	Собственные инструменты, интеграции могут быть менее гибкими.
<b>Поддержка</b>	Активное сообщество и хорошая техническая поддержка.	Большое сообщество, обмен опытом.	Поддержка доступна, но может быть менее удобной.
<b>Ценовая политика</b>	Подписка для учебных заведений.	Бесплатная, но требует затрат на хостинг.	Платная с различными уровнями подписки.
<b>Целевая аудитория</b>	Школы и высшие учебные заведения.	Широкий круг образовательных учреждений.	Ориентирована на высшее образование.

**Методология оценки** базируется на показателях вовлеченности, успеваемости и удовлетворенности пользователей. Комбинированный подход (аналитика, опросы) делает ее более универсальной для выставления оценки образовательных платформ.

### Заключение

Таким образом, разработка веб-ресурса для образовательного центра требует интеграции современных технологий, таких как модульная архитектура и элементы геймификации, что позволяет адаптировать платформу

к специфике учреждения и повышать вовлеченность пользователей. Обоснование экономической эффективности демонстрирует значимость системы для оптимизации административных и образовательных процессов. Разработка методологии оценки эффективности платформы станет инструментом для дальнейшего совершенствования ее функциональности. Полученные результаты исследования могут быть применены для проектирования цифровых решений, отвечающих современным требованиям образовательной среды [10]. Это способствует улучшению качества образовательных услуг и поддерживает цифровизацию образовательных центров.

### Литература:

1. Anderson, T. (2008). *The Theory and Practice of Online Learning*. Athabasca University Press.
2. Siemens, G. (2014). *The Role of Technology in Learning*. In: H. Beetham & R. Sharpe (Eds.), *Rethinking Pedagogy for a Digital Age*. Routledge.
3. Linder, K. E., & Hayes, S. (2010). *Designing and Delivering Effective Online Courses: A Practical Guide*. Routledge.
4. Hrastinski, S. (2008). *Asynchronous and Synchronous E-Learning*. *Educause Quarterly*, 31(4), 51–55.
5. Salmon, G. (2013). *E-tivities: The Key to Active Online Learning*. Routledge.
6. Garrison, D. R., & Anderson, T. (2003). *E-Learning in the 21st Century: A Community of Inquiry Framework for Online Learning*. RoutledgeFalmer.
7. Anderson, T., & Dron, J. (2011). *Three Generations of Distance Education Pedagogy*. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 12(3), 80–97.
8. Bates, A. W., & Sangra, A. (2011). *Managing Technology in Higher Education: Strategies for Transforming Teaching and Learning*. Jossey-Bass.
9. Kearney, S. (2016). *Understanding User Experience in E-Learning*. In: A. K. T. K. M. J. & H. S. (Eds.), *Research on E-Learning and ICT in Education*. IGI Global.
10. McMahon, M. (2009). *Learning Online: A Student's Guide to Online Learning*. Charles Sturt University.

## Анализ и оценка инвестиционных рисков при инвестировании с применением математического моделирования

Парфенов Артем Кириллович, студент

Научный руководитель: Меерсон Вера Эдуардовна, кандидат технических наук, доцент  
Воронежский государственный университет инженерных технологий

*В статье автор исследует эффективность математических моделей при инвестировании.*

**Ключевые слова:** финансовый анализ, машинное обучение в финансах, экспоненциальная скользящая средняя (EMA), индекс относительной силы (RSI), Random Forest, Gradient Boosting.

### Введение

Современный финансовый рынок характеризуется ускоренной цифровизацией, а также растущей глобальной зависимостью. Эти условия характеризуются высокой сложностью и объемом операций, которые сопровождаются ростом нестабильности на рынках, что делает задачу управления рисками при инвестициях и операциях с активами особенно важной и подчеркивает необходимость применения продвинутых методов ана-

лиза. Одним из таких методов является математическое моделирование, которое позволяет инвесторам не только оценивать текущие риски, но и прогнозировать их изменения в будущем, что дает базу для построения устойчивых инвестиционных стратегий [1].

Математические модели дают возможность оценивать вероятность дефолтов, выявлять структурные недостатки и прогнозировать потенциальные убытки, которые могут возникнуть при изменении рыночных условий. Используя исторические данные и специализированные алгоритмы,

банки могут разрабатывать более точные прогнозы, разрабатывать оптимальные стратегии и принимать более обоснованные инвестиционные решения. Такой подход позволяет не только определить текущие уязвимости, но и учитывать тенденции рынка, что особенно актуально при управлении портфелем активов, где важно оценивать совокупный риск всех инвестиционных инструментов [1, 2]. Они востребованы не только в инвестиционных фондах, но и среди страховых компаний, а также в банковском секторе.

Особое значение имеют модели, которые сглаживают риски. Они позволяют не только минимизировать финансовые потери, но и упростить процесс инвестирования за счет использования вероятностных сценариев, адаптированных к рыночным условиям. Такой подход обеспечивает устойчивость бизнеса в условиях неопределенности и позволяет компаниям строить долгосрочные стратегии, минимизирует негативное влияние рыночных шоков [2].

### Методология

Для анализа рынка инвестиций используют множество средств анализа начиная от стохастических моделей заканчивая моделями машинного обучения. Такое многообразие обеспечено сложностью финансовых рынков, а именно его непредсказуемостью [3].

Для работы с анализом данных и созданием графика был выбран язык программирования python со средой разработки Jupyter. Эта среда включает сразу все наиболее часто используемые библиотеки и позволяет разделять код на клетки для удобного отслеживания прогресса и использования комментариев для последующей разработки в сфере машинного обучения [3]. Наиболее часто используемая библиотека для создания графиков — это Matplotlib, благодаря ней получается создавать понятные и адаптивные графики, также библиотека легко интегрируется с NumPy и Pandas. Для считывания и обработки данных используют NumPy и Pandas — эти библиотеки обрабатывают поступающие в них данные, и уже с их помощью можно очистить данные которые будут мешать дальнейшему анализу и обучению моделей [4].

Для реализации технического анализа активно используются различные показатели и индикаторы, среди которых наиболее популярны:

— Экспоненциальная скользящая средняя (Exponential Moving Average, EMA) — среднее значение за несколько периодов, сглаживающее колебания цен за определенный период [5].

— Экспоненциальная скользящая средняя (Relative Strength Index, RSI) — индикатор технического анализа, определяет силу тренда и вероятность его смены в будущем [6].

Также для анализа используют методы машинное обучение. Это один из самых новых методов анализа и предположения цены акции. Среди наиболее популярных алгоритмов можно выделить Random Forest и Gradient Boosting, они используются из-за их способности работать с большими объемами данных и учитывают сложные зависимости [7, 8].

Random Forest (Случайный лес) работает используя ансамблевый метод, который строит множество деревьев и объединяет их результаты. Эта модель хороша тем, что у нее есть устойчивость к переобучению и она способна эффективно игнорировать шум [7]. Модель эффективно справляется с прогнозированием цен акций, оценки значимости факторов, влияющих на изменение цены.

Gradient Boosting (Градиентный бустинг) работает создавая последовательные модели, каждая из которых исправляет ошибки предыдущей. Эта модель эффективна для сложных задач, таких как прогнозирование будущих цен акций и их волатильность, оценка вероятности появления рискованных событий [8].

Обе модели используются для создания прогноза, и при этом чаще всего используются параллельно для сравнения и создания более точного результата.

### Методы и средства

Для анализа рынка, сначала нужно получить цены акций за определенный период. Для начала установим библиотеку «yfinance» и на основе этих данных будем дальнейших анализ и прогноз (рисунок 1).

Price Ticker	Adj Close AAPL	Close AAPL	High AAPL	Low AAPL	Open AAPL	\
Date						
2020-01-02	72.796013	75.087502	75.150002	73.797501	74.059998	
2020-01-03	72.088295	74.357498	75.144997	74.125000	74.287498	
2020-01-06	72.662697	74.949997	74.989998	73.187500	73.447502	
2020-01-07	72.320984	74.597504	75.224998	74.370003	74.959999	
2020-01-08	73.484360	75.797501	76.110001	74.290001	74.290001	
...	...	...	...	...	...	
2023-12-22	192.656174	193.600006	195.410004	192.970001	195.179993	
2023-12-26	192.108856	193.050003	193.889999	192.830002	193.610001	
2023-12-27	192.208359	193.149994	193.500000	191.089996	192.490005	
2023-12-28	192.636276	193.580002	194.660004	193.169998	194.139999	
2023-12-29	191.591400	192.529999	194.399994	191.729996	193.899994	

Рис. 1. Пример данных, цена акций компании Apple

Далее установим таким же образом Pandas, NumPy, sklearn, matplotlib. Эти библиотеки нужны для обучения моделей и отслеживания их эффективности, через создание графиков.

Сначала сделаем анализ через стохастические модели.

Рассмотрим цену акции при сглаживании через индикатор ЕМА. Математически, ЕМА рассчитывается как:

$$EMA(t) = EMA(t-1) + \alpha * (Price(t) - EMA(t-1)),$$

$$\alpha = \frac{2}{N} + 1$$

где N — количество временных отрезков, price — текущая цена;  $\alpha$  — экспоненциальная константа.

В данном выражении ЕМА представляет собой индикатор, который используется в анализе на основе предыдущих данных. Прогнозирование изменения акции можно описать через функцию, которая берёт значение веса из каждого предыдущего значения [5].

Переведем математическую формулу и полученные данные в язык программирования python (рисунок 2) возьмем акции «Apple» за последние 4 года и зададим период в 14 дней, а также с их помощью создадим график для оценки (рисунок 3).

График показывает экспоненциальную скользящую среднюю, она обозначена жёлтым цветом, график указывает на начало нисходящего тренда.

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import yfinance as yf

# Apple
symbol = 'AAPL'
data = yf.download(symbol, start='2020-01-01', end='2024-01-01')

# Период
data['EMA'] = data['Close'].ewm(span=14, adjust=False).mean()

plt.figure(figsize=(12, 6))

plt.plot(data['Close'], label='Цена закрытия', color='blue')
plt.plot(data['EMA'], label='EMA (14)', color='orange')

plt.title(f'{symbol} Цена и EMA')
plt.xlabel('Дата')
plt.ylabel('Цена')

plt.legend()

plt.show()
```

Рис. 2. Пример кода для создания ЕМА и графика

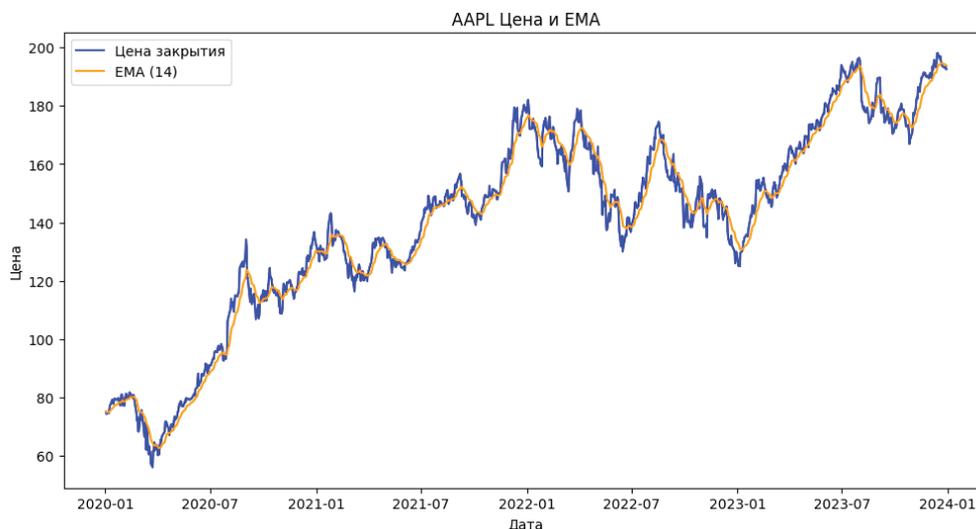


Рис. 3. График цены с расчетом ЕМА

В практическом использовании индикатор EMA выступает важным инструментом для определения сигналов на покупку или продажу [5]. Например, если цена актива поднимается выше линии, это может указывать на восходящий тренд, тогда как падение цены ниже может сигнализировать о нисходящем тренде.

Далее рассмотрим RSI, этот индикатор покажет силу текущего тренда.

Математически, RSI рассчитывается как:

$$RSI = 100 - 100 / \left( 1 + \frac{Up(EMA)}{Down(EMA)} \right)$$

где  $Up(EMA)$  — средний рост цены, сглаженный экспоненциально,  $Down(EMA)$  — среднее снижение цены, сглаженное экспоненциально. Создадим программу и рассмотрим график (Рисунок 4).

График показывает силу текущего тренда, она обозначена жёлтым цветом. В практическом использовании индикатор RSI показывает тренд, если значение выше 70, актив перекуплен и возможна коррекция, если значение

ниже 30, то указывает на перепроданность и возможен рост [6]. RSI дополняет EMA, показывая силу и состояние тренда. Эти индикаторы используют автоматические закупщики для контролирования фонда.

Все индикаторы помогают оценивать ценность акций, но не предсказывать их стоимость, для этого используются модели машинного обучения [4].

Для этого разработаем модели Random Forest и Gradient Boosting. Зададим параметры, число этапов усиления будет равно сто и разделим данные на 80% — обучение, 20% тренировочные данные. Возьмем данные компании, а также EMA и RSI и на их основе создадим график (Рисунок 5). Добавим несколько итераций обучения и выбираем самые важные параметры [7, 8]

Рассматривая график можно увидеть, что Random Forest справляется лучше, у этой модели лучше получается следовать тренду, а также можно сделать вывод о том, что в долгой перспективе модели справляются удовлетворительно, но модели плохо справляются с резким ростом рынка, так как они основываются на исторических

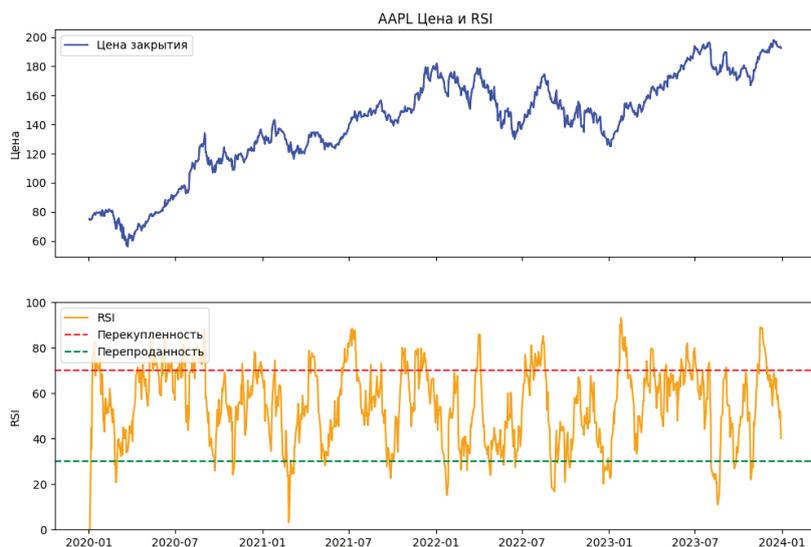


Рис. 4. График цены с расчетом RSI



Рис. 5. Сравнении предсказаний с реальными значениями моделей Random Forest и Gradient Boosting

данных, то модели не доверяют резкому росту и делают предположение о скором падении акций [3].

### Заключение

В данной статье были предоставлены подходы к анализу данных с помощью индикаторов EMA и RSI, а также моделей Random Forest и Gradient Boosting. Математическое моделирование и комбинация различных методов анализа являются важными инструментами для прогнозирования инвестиционных рисков и построения стабильных стратегий в инвестиционной сфере [1]. Совмещение этих подходов позволяет повысить точность анализа и предоставить инвесторам конкурентное пре-

имущество на рынке, тем самым обеспечивая защиту их активов. Результатом работы являются готовые индикаторы и модели, которые помогут пользователям самостоятельно определять ценность акции и строить инвестиционную стратегию на основе обработанных данных.

Однако, несмотря на многочисленные преимущества, математические модели требуют тщательно подготовленных и актуальных данных для прогнозирования и должны постоянно обновляться с учетом изменения рыночной среды [2]. Кроме того, сложность моделей требует квалифицированных специалистов с глубокими знаниями в области финансов и математики. Эти аспекты подчеркивают важность адаптации и совершенствования математических моделей в соответствии с текущими условиями [3].

### Литература:

1. Казакова Е. Д. Потенциал машинного обучения и искусственного интеллекта для развития венчурного инвестирования в России // Проблемы экономики и юридической практики. — 2023. — № 2. — С. 209–215.
2. Романова М. В. Использование методов машинного обучения для принятия решений при инвестировании инновационных проектов / М. В. Романова // Управленческие науки в современном мире: сборник докладов научной конференции. — Москва: Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, 2020. — С. 378–387.
3. Солдатов М. А., Троценко А. Ю. Использование машинного обучения в инвестировании // Теория и практика экономики и предпринимательства: труды XVIII Всероссийской с международным участием научно-практической конференции. — Симферополь: Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, 2021. — С. 323–324.
4. Меерсон В. Э., Ярмонов Г. Г. Применение машинного обучения в портфельном инвестировании // Актуальные вопросы современной науки и инноватики: сборник научных статей по материалам II Международной научно-практической конференции. — Уфа: Научно-издательский центр «Вестник науки», 2023. — С. 21–28.
5. Яковлева Е. К. Использование инструментов технического анализа для реализации инвестиций / Е. К. Яковлева // Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития. — 2014. — № 13. — С. 245–249.
6. Папуша С. И. Торговый робот на основе индикатора Relative Strength Index (RSI) / С. И. Папуша // Экономические науки. — 2020. — № 187. — С. 138–142.
7. Ломаков Н. И., Юрова О. В., Кособокова Е. В., Минаева О. А., Трунина В. Ф., Качанов Ю. А. Модель Random Forest на основе Big Data для прогнозирования устойчивости банковской системы Российской Федерации / Н. И. Ломаков, О. В. Юрова, Е. В. Кособокова, О. А. Минаева, В. Ф. Трунина, Ю. А. Качанов // Наука Красноярья. — 2023. — Т. 12, № 1–1. — С. 78–100.
8. Астраханцева И. А., Герасимов А. С. Прогнозирование региональной инфляции на основе гибридной модели машинного обучения: градиентный бустинг и случайный лес / И. А. Астраханцева, А. С. Герасимов // Научные труды Вольного экономического общества России. — 2023. — Т. 243, № 5. — С. 200–226.

## Автоматизация процесса получения лекарств: современные цифровые решения

Попов Максим Дмитриевич, студент магистратуры  
Тульский государственный педагогический университет имени Л. Н. Толстого

*В статье анализируются современные цифровые технологии, автоматизирующие процесс получения медикаментов. Цель исследования — выявить эффективные решения и перспективы их использования. Рассматриваются электронные рецепты, автоматизированные системы персональной дозировки и искусственный интеллект. Примеры успешного внедрения, такие как национальные системы e-Prescriptions в Эстонии и Великобритании, демонстрируют повышение доступности и безопасности медикаментов.*

*Показаны преимущества автоматизированных комплексов дозировки в медицинских учреждениях, включая сокращение ошибок и оптимизацию ресурсов.*

**Ключевые слова:** автоматизация здравоохранения, электронные рецепты, искусственный интеллект, персонализация терапии, цифровое здравоохранение, фармакогеномика.

Автоматизация процесса получения лекарств с использованием цифровых технологий становится важным направлением развития здравоохранения. Современные пациенты часто сталкиваются с проблемами, связанными с доступом к медикаментам: задержками в выдаче рецептов, отсутствием лекарств в аптеках, а также сложностями логистики в удалённых регионах. Учитывая рост цифровизации в медицинской сфере, возникает необходимость внедрения решений, которые позволят устранить эти препятствия и существенно упростят взаимодействие пациента с системой здравоохранения.

В последние годы множество исследований и практических разработок в области цифровых технологий демонстрируют их эффективность в оптимизации получения медикаментов. Системы электронных рецептов, например, уже активно используются в странах с высоким уровнем цифровизации, таких как США и Великобритания, где они не только ускоряют процесс получения медикаментов, но и уменьшают количество ошибок при их выписке [8, 9]. Мобильные приложения и онлайн-платформы позволяют пациентам не только заказывать лекарства, но и отслеживать их наличие в аптеках, что облегчает задачу особенно для хронически больных, которым необходимо регулярное пополнение запасов препаратов [2].

Системы мониторинга наличия лекарств, внедряемые в странах с ограниченными ресурсами, также показывают успех в сокращении времени ожидания и обеспечении стабильного снабжения. Внедрение технологий, таких как Интернет вещей (IoT), позволило улучшить контроль за состоянием запасов и повысить точность прогнозирования потребностей в медикаментах [9].

## Обзор существующих подходов для автоматизации получения лекарств

### 1. Внедрение электронных рецептов

Электронные рецепты (e-Prescriptions) представляют собой важное достижение цифровизации здравоохранения, способствуя повышению доступности и безопасности медикаментов для пациентов. В странах Евросоюза действует единая система электронных рецептов, позволяющая пациентам использовать цифровые рецепты в любой аптеке ЕС [11]. Это стало возможным благодаря передаче данных о рецептах через национальные границы, что особенно полезно для граждан, находящихся за пределами своей страны проживания.

Яркий пример эффективности внедрения e-Prescriptions — Эстония, где с 2010 года функционирует централизованная безбумажная система. К 2019 году 99,9% всех

рецептов в стране выдавались в цифровом виде, что сократило временные затраты и повысило прозрачность процесса [12]. Система предоставляет такие функции, как предупреждение о взаимодействии лекарств, доступ к истории назначений и автоматический расчет компенсаций. Уникальной инициативой является сотрудничество Эстонии и Финляндии, обеспечивающее взаимное использование электронных рецептов, что упрощает получение медикаментов за границей.

В Великобритании внедрение цифровых рецептов также стало значительным шагом вперед. Приложение Национальной службы здравоохранения позволяет пациентам управлять рецептами, выбирать аптеки и заказывать повторные назначения онлайн. С начала 2024 года приложение получило расширенные функции, включая возможность фармацевтов самостоятельно назначать лекарства для лечения ряда заболеваний, что снижает нагрузку на врачей. Этот подход сочетается с инициативой «Pharmacy First», нацеленной на увеличение роли аптек в предоставлении первичной медицинской помощи [10].

ВОЗ подчеркивает, что использование электронных рецептов поддерживает ключевые цели цифрового здравоохранения, включая повышение безопасности пациентов и качества лечения. Сегодня более 82% стран Европейского региона рутинно используют e-Prescriptions [10]. Кроме того, цифровые рецепты интегрированы с электронными медицинскими картами, обеспечивая доступ к полным данным пациента и способствуя более персонализированному лечению.

Будущее электронных рецептов связано с интеграцией технологий фармакогеномики, как это демонстрирует опыт Эстонии. Включение генетических данных пациентов в систему позволяет учитывать индивидуальные особенности при назначении медикаментов, что улучшает результаты лечения. Такие инициативы подчеркивают важность цифровой трансформации в медицине, направленной на повышение качества и доступности здравоохранения.

### 2. Автоматизированный комплекс персональной дозы

Этот подход основан на использовании комплексных программно-аппаратных решений, обеспечивающих управление назначениями, хранением, распределением и выдачей лекарственных препаратов в медицинских учреждениях. Главный принцип системы заключается в персональной дозировке, при которой каждому пациенту предоставляются индивидуально упакованные препараты с полной информацией (наименование, серия, срок годности, дозировка и др.).

Персональная доза представляет собой определённое количество медикаментов, назначенных лечащим врачом конкретному пациенту на определённую дату или время. Каждая единица лекарства в системе персональной дозы упакована в индивидуальную упаковку (монодоза), что минимизирует ошибки при реализации назначений, благодаря возможности использования штрих-кодов для дополнительного контроля.

#### Принцип работы системы

1. Врач назначает лекарства через электронную систему, которая проверяет дозировку, совместимость и аллергии.
2. Лекарства автоматически упаковываются в монодозы и формируются в персональные дозы.
3. Персональные дозы доставляются в отделения, где их проверяют перед выдачей.
4. Неиспользованные препараты возвращаются для повторного использования.

#### Преимущества:

— Для пациентов: персональная дозировка снижает вероятность ошибок в дозировке [4], времени приема или идентификации лекарства, а также предоставляет пациентам прозрачный доступ к информации о назначениях.

— Для медицинского персонала: рутинных задач: автоматизация освобождает сотрудников от рутинных операций, повышает точность выполнения назначений и облегчает контроль за использованием медикаментов.

#### Примеры успешного применения

В испанской больнице Hospital Universitari Sant Joan de Reus внедрение системы на базе технологии PillPick обеспечило автоматическое создание и доставку персональных доз, что значительно повысило безопасность, прозрачность и эффективность работы. Сократилось время на выдачу препаратов, исключены ошибки, связанные с человеческим фактором, а также обеспечена экономия медикаментов до 15% [3].

### 3. Использование искусственного интеллекта

Использование искусственного интеллекта для оптимизации процесса назначения и получения лекарств играет важную роль в современном здравоохранении. Такие системы как SberMed AI, GIDEON Health, и разработки от Creative Biolabs демонстрируют широкий спектр возможностей, направленных на персонализацию лечения, минимизацию побочных эффектов и повышение эффективности терапии.

SberMed AI анализирует медицинские изображения и лабораторные данные, предоставляя персонализиро-

ванные рекомендации с учётом генетической информации и истории болезней. Интеграция с носимыми устройствами позволяет мониторить состояние пациентов в реальном времени [1].

GIDEON Health обрабатывает данные из электронных медкарт, анализируя генетику и назначения для подбора лекарств. Пилотный проект в Нью-Йорке сократил обработку рецептов на 40% и снизил ошибки несовместимых препаратов на 20% [5].

Creative Biolabs применяет ИИ для расчёта дозировок с учётом генетики и образа жизни, что улучшает переносимость химиотерапии и повышает эффективность лечения хронических заболеваний. Это позволяет минимизировать побочные эффекты, одновременно повышая результаты лечения. [6].

Современные подходы к автоматизации процесса получения лекарств отражают значительный прогресс в цифровизации здравоохранения. От внедрения электронных рецептов до использования искусственного интеллекта, каждая из технологий нацелена на решение важных задач, таких как повышение доступности, точности и персонализации медицинских услуг.

Электронные рецепты, как в случае Эстонии и Великобритании, уже доказали свою эффективность, предлагая удобные и безопасные решения для пациентов и медицинских работников. Автоматизированные комплексы персональной дозировки улучшают качество и безопасность работы медицинских учреждений, минимизируя человеческий фактор. А использование искусственного интеллекта открывает перспективы дальнейшей персонализации лечения и сокращения ошибок.

Таким образом, внедрение этих технологий не только улучшает качество медицинской помощи, но и делает процесс получения лекарств более доступным и удобным для пациентов.

Перспективы развития данной области связаны с широким использованием технологий Интернета вещей и искусственного интеллекта, которые позволяют прогнозировать потребности пациентов, улучшать управление запасами медикаментов и повышать точность назначения лекарств. Это особенно важно для хроников и людей, проживающих в отдалённых регионах.

Внедрение цифровых технологий в здравоохранение делает его более гибким, доступным и ориентированным на потребности пациентов. Таким образом, развитие автоматизированных решений станет основой для формирования устойчивой и справедливой системы здравоохранения будущего.

#### Литература:

1. Диагностический ассистент AIDA (AI Diagnostic Assistant) / [Электронный ресурс] // SBER MED AI: [сайт].— URL: <https://sbermed.ai/our-algorithms/aida>
2. Минаев П. В., Федяев Д. В., Серяпина Ю. В., Скоморохова Т. В. Обзор зарубежного опыта внедрения электронного здравоохранения // Фармакоэкономика. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология. 2021. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-zarubezhnogo-opyta-vnedreniya-elektronnoho-zdravooohraneniya>.

3. Умаров С.З. Внедрение комплексной системы автоматизации процессов распределения лекарственных препаратов в стационаре [Текст] / Умаров С.З. // Заместитель главного врача. — 2014. — № 1.
4. Умаров С.З. Индивидуальная доза препарата — против врачебной ошибки / Умаров С.З. [Электронный ресурс] // Московские аптеки: [сайт].— URL: <https://mosapteki.ru/material/individualnaya-doza-preparata-protiv-vrachebnoy-oshibki-1594>.
5. Advancing the global effort against Infectious Disease / [Электронный ресурс] // Gideon: [сайт].— URL: <https://www.gideononline.com/>
6. AI Applications in Drug Dose Optimization / [Электронный ресурс] // Creative Biolabs: [сайт].— URL: <https://ai.creative-biolabs.com/blog/ai-applications-in-drug-dose-optimization/>
7. Arine: The Power of Merging AI with Clinical Scalability / [Электронный ресурс] // Arine: [сайт].— URL: <https://www.arine.io/our-approach>
8. Babel Aditi, Taneja Richi, Mondello Malvestiti Franco, Monaco Alessandro, Donde Shaantanu / Artificial Intelligence Solutions to Increase Medication Adherence in Patients With Non-communicable Diseases / Babel Aditi, Taneja Richi, Mondello Malvestiti Franco, Monaco Alessandro, Donde Shaantanu [Электронный ресурс] // Frontiers in Digital Health: [сайт].— URL: <https://www.frontiersin.org/journals/digital-health/articles/10.3389/fdgth.2021.669869>.
9. Car, J., Tan, W.S., Huang, Z. et al. eHealth in the future of medications management: personalisation, monitoring and adherence. BMC Med 15, 73 (2017). <https://doi.org/10.1186/s12916-017-0838-0>
10. Digital prescriptions — good for patients, good for prescribers and good for dispensers / [Электронный ресурс] // World Health Organization: [сайт].— URL: <https://www.who.int/europe/news/item/02-05-2024-digital-prescriptions—good-for-patients—good-for-prescribers-and-good-for-dispensers>.
11. First EU citizens using ePrescriptions in other EU country / [Электронный ресурс] // European Commission: [сайт].— URL: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_18\\_6808](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_18_6808)
12. Karin Kõnd, Anett Lillväli E-PRESCRIPTION SUCCESS IN ESTONIA: THE JOURNEY FROM PAPER TO PHARMACOGENOMICS [Текст] / Karin Kõnd, Anett Lillväli // National success in digital health.— 2019.— № 2.— С. 18–20.

## Машинное обучение и применение его в инвестициях

Ткачев Владимир Леонидович, студент

Научный руководитель: Меерсон Вера Эдуардовна, кандидат технических наук, доцент

Воронежский государственный университет инженерных технологий

*В статье автор рассматривает важность инвестиций в современном мире и использование машинного обучения в инвестициях для получения наибольшей выгоды.*

**Ключевые слова:** машинное обучение, инвестиционный портфель, рост инвестиций.

Одним из важнейших условий обеспечения экономического роста служит сбалансированная инвестиционная политика, стратегически нацеленная на поддержание экономической и политической стабильности в долгосрочной перспективе. Инвестиционные ресурсы являются хорошим финансовым ресурсом не только для обычных граждан, но и для страны в целом. Успешное развитие экономики страны, вероятнее всего, невозможно без решения проблем отраслевого, регионального, институционального и инструментального характера, которые в свою очередь и решает современная инвестиционная политика. В последнее время в России инвестиционная ситуация становится все более стабильной, чем раньше, хоть и нельзя на 100% сказать, что эти изменения носят устойчивый характер. Создание благоприятной инвестиционной среды требует стабильности законодательства, уменьшения административных барьеров и эффективного преобразования накоплений в инвестиции.

Несмотря на усилия, российская экономика сталкивается с такими проблемами, как изношенность оборудования, низкая доходность инвестиций, ограниченный доступ к финансированию и высокие риски. Инвестиционная политика должна обеспечивать эффективное распределение ресурсов между отраслями и регионами, что критично для долгосрочной устойчивости экономики. Важной задачей остается развитие инфраструктуры и улучшение правоприменения.

По данным Росстата, наибольший рост инвестиций наблюдался в 2023 году в производстве готовых металлических изделий; компьютеров, электронных и оптических приборов; электрооборудования; автотранспортных средств. Так же Росстат поделился статистикой наибольшего роста инвестиций в 2023 году, она представлена на рисунке 1 ниже.

Помимо экономики страны грамотное управление инвестициями может сыграть довольно большую роль



Рис. 1. Процент роста инвестиций по отраслям в 2023 году

в жизни обычных людей. Еще недавно большое количество людей придерживалось мнения, что лучше хранить лишние деньги «под матрасом». Проблема такого подхода заключается в том, что с течением времени цены на товары и услуги растут, и покупательная способность денег со временем теряет свою силу, из-за чего они становятся все менее эффективными, и можно сделать вывод, что такой подход не годится. Но в последнее время люди все больше отдаляются такой стратегии, и начинают думать как преумножить эти деньги, а не потерять их ценность. В этом им помогают инвестиции. Несмотря на то, что есть риск потерять какую то их часть, все же это более хороший подход, чем просто терять ценность денег с течением времени, тем более что эти риски можно снизить путем изучения рынка, сбора сбалансированного инвестиционного портфеля и использования современных технологий для более грамотного и оптимизированного управления инвестициями.

С течением времени цифровые и информационно-коммуникационные технологии развиваются с геометрической прогрессией, что не может не затронуть рыночную и экономическую составляющие. Также стоит отметить пандемию 2020 года, которая изолировала экономическую составляющую многих стран. В связи с этими событиями финансовая отрасль стала фаворитом для внедрения цифровых технологий. На передний план развития цифровых технологий вышли такие технологии как

искусственный интеллект, машинное обучение, Big Data и блокчейн. С развитием этих технологий появилась возможность внедрить в финансовую составляющую различные интеллектуальные системы анализа и автономные роботизированные консультации. Все это не обошло стороной и инвестиционное поле. Внедрение цифровых технологий, с учетом ускорения их развития, непосредственно в инвестиционную структуру имеет все большее значение, потому что в таком случае мы получаем повышение эффективности и скорости операции за счет автоматизации процессов, снижение затрат за счет экономии на персонале, улучшение аналитических возможностей, потому что есть инструменты для обработки больших данных, а также возможность масштабирования инвестиционных систем и устойчивость к изменениям. Одним из таких инструментов и является машинное обучение.

Эффективность применения машинного обучения в инвестициях можно рассмотреть с математической точки зрения. Эффективность инвестиций ( $E_{inv}$ ) определяется как интегрированная мера доходности, риска и уровня применения технологий машинного обучения (ML). Она зависит от следующих факторов:

- 1) Доходности портфеля ( $R_{port}$ ). Этот фактор отображает ожидаемую доходность активов в портфеле, выраженной в процентах
- 2) Уровня риска ( $R_{risk}$ ). Это мера вероятности отклонения фактической доходности от ожидаемой.

3) Уровня внедрения технологий, показывающего насколько сильно внедрены технологии машинного обучения в инвестиционный процесс.

$$E_{inv} = w1 * R_{port} + w2 * R_{risk} + w3 * ML_{level} + b + \epsilon \quad (1)$$

где  $w1$ ,  $w2$ ,  $w3$  — коэффициенты влияния факторов,  $b$  — константа, которая компенсирует систематические отклонения, которые не объясняются другими переменными,  $\epsilon$  — случайная ошибка, которая отражает непредсказуемые отклонения эффективности инвестиций

При доходности портфеля от 5% до 15% с уровнем риска от 2% до 10% с использованием формулы (1) были проведены расчеты для двух случаев — при  $ML = 0$ , и при  $ML =$

1.  $ML = 0$  означает что технологии машинного обучения не применяются в процессе инвестиций, а  $ML = 1$  — что они внедрены и используются для решения вышеописанных задач. В соответствии с произведенными расчетами был получен следующий график, показанный на рисунке 2.

Этот график показывает, что эффективность инвестиционного портфеля с применением технологий машинного обучения по большей части выше, чем без него. Из этого можно сделать вывод, что такие технологии можно применять в инвестициях для получения наибольшей выгоды и снижения риска потери средств в результате неправильного распределения средств.



Рис. 2. Разница процесса инвестиций с участием ML

Литература:

1. Использование машинного обучения в инвестиционной деятельности.— Текст: электронный // Научный журнал НИУ ИТМО: [сайт].— URL: [https://economics.ihbt.ifmo.ru/ru/article/19683/ispolzovanie\\_mashinnogo\\_obucheniya\\_v\\_investicionnoy\\_deyatelnosti.htm](https://economics.ihbt.ifmo.ru/ru/article/19683/ispolzovanie_mashinnogo_obucheniya_v_investicionnoy_deyatelnosti.htm) (дата обращения: 02.12.2024).
2. ML-технологии, которые уже сейчас оказывают мощное влияние на бизнес.— Текст: электронный // Хабр: [сайт].— URL: <https://habr.com/ru/articles/809587/> (дата обращения: 02.12.2024).
3. Основные тенденции развития инвестиционных процессов в экономике России.— Текст: электронный // Морские вести России: [сайт].— URL: [https://morvesti.ru/archiveTDR/element.php?IBLOCK\\_ID=66&SECTION\\_ID=1351&ELEMENT\\_ID=2964](https://morvesti.ru/archiveTDR/element.php?IBLOCK_ID=66&SECTION_ID=1351&ELEMENT_ID=2964) (дата обращения: 02.12.2024).
4. Сущность и роль инвестиционных процессов в современных условиях.— Текст: электронный // CyberLeninka: [сайт].— URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/suschnost-i-rol-investitsionnyh-protsessov-v-sovremennyh-usloviyah/viewer> (дата обращения: 02.12.2024).
5. Введение в машинное обучение: как начать и что нужно знать.— Текст: электронный // Server Space: [сайт].— URL: [https://serverspace.ru/about/blog/vvedenie-v-mashinnoe-obuchenie-kak-nachat-i-cto-nuzhno-znat/?utm\\_source=google.com&utm\\_medium=organic&utm\\_campaign=google.com&utm\\_referrer=google.com](https://serverspace.ru/about/blog/vvedenie-v-mashinnoe-obuchenie-kak-nachat-i-cto-nuzhno-znat/?utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=google.com&utm_referrer=google.com) (дата обращения: 02.12.2024).

## Анализ производительности современных систем управления базами данных

Топалов Никита Константинович, студент

Приднестровский государственный университет имени Т. Г. Шевченко (г. Тирасполь)

*В статье рассматриваются основные аспекты анализа производительности систем управления базами данных (СУБД). Проведен детальный обзор факторов, влияющих на быстрдействие, а также описаны методы повышения производительности и сравнение популярных систем. Рассмотрены основные подходы к масштабированию и рекомендации по оптимизации СУБД.*

**Ключевые слова:** СУБД, производительность, масштабируемость, индексация, оптимизация запросов, распределенные системы.

Современные системы управления базами данных (СУБД) играют ключевую роль в обеспечении функционирования различных информационных систем. Эти системы используются для хранения, обработки и эффективного доступа к данным, что становится особенно важным при растущих объемах информации. Производительность СУБД является важным фактором, определяющим скорость выполнения запросов, и для многих систем это критически важно [1, с. 6]. Важно учитывать различные аспекты, влияющие на производительность СУБД, такие как архитектура системы, методы оптимизации запросов, а также технологии масштабирования, кэширования и индексации [4, с. 10].

Архитектура СУБД оказывает существенное влияние на её производительность. Реляционные СУБД, такие как MySQL и PostgreSQL, широко используются для работы с структурированными данными и обладают высокой производительностью благодаря эффективной индексации и оптимизаторам запросов [1, с. 7]. В то время как системы NoSQL, такие как MongoDB, более подходят для обработки неструктурированных данных и обладают отличной масштабируемостью за счет горизонтального масштабирования и шардирования [3, с. 7].

Архитектуры, которые используют in-memory технологии, также обладают преимуществами по сравнению с традиционными дисковыми решениями. Например, Redis позволяет хранить все данные в оперативной памяти, что минимизирует задержки при доступе к данным и значительно ускоряет выполнение запросов [2, с. 12]. Такие подходы эффективны в тех случаях, когда требуется мгновенный доступ к данным, например, в приложениях с высокой частотой запросов [5, с. 18].

Одним из важных методов повышения производительности является индексация данных. Индексы помогают ускорить поиск и выборку данных, уменьшая время выполнения запросов. В реляционных СУБД индексы помогают оптимизировать выполнение запросов, особенно в таблицах с большим объемом данных. Использование B-деревьев или хэш-индексов помогает ускорить операции выборки, минимизируя необходимость полного сканирования таблиц [3, с. 11]. Однако стоит учитывать, что индексация также может замедлять операции вставки и обновления данных, так как индексы нужно поддерживать в актуальном состоянии [4, с. 12].

Кроме того, важно отметить, что для неструктурированных данных системы, такие как MongoDB, предоставляют возможность создания индексов на базе данных JSON, что даёт дополнительную гибкость и скорость обработки. В таких случаях индексирование полей данных и использование полнотекстовых индексов позволяет значительно ускорить поиск [4, с. 9].

Оптимизация запросов играет ключевую роль в повышении производительности СУБД. Современные СУБД используют оптимизаторы запросов, которые анализируют структуру запросов и выбирают наиболее эффективные способы их выполнения. Это позволяет существенно уменьшить нагрузку на систему и ускорить выполнение даже самых сложных запросов. Оптимизаторы запросов могут учитывать различные факторы, такие как статистику данных, индексы, структуры таблиц и т.д. [1, с. 4].

Рассмотрим несколько методов оптимизации запросов. Во-первых, использование индексов является основным способом оптимизации. Когда запрос включает поля, по которым созданы индексы, время выполнения запроса существенно сокращается. Во-вторых, можно переписать запросы, чтобы уменьшить количество соединений таблиц или заменить подзапросы на более эффективные конструкции. В-третьих, использование агрегатных функций на уровне базы данных позволяет сократить нагрузку на приложение и ускорить обработку [5, с. 20].

Кэширование данных позволяет значительно ускорить работу системы, особенно когда речь идет о часто запрашиваемых данных. Кэширование может быть реализовано как на уровне базы данных, так и на уровне приложения. Наиболее популярные решения для кэширования включают Redis и Memcached, которые хранят данные в оперативной памяти, что позволяет мгновенно извлекать их по запросу без необходимости обращения к дисковому хранилищу [2, с. 13]. Использование кэширования позволяет:

- Ускорить доступ к данным, уменьшив количество запросов к базе данных.

- Снизить нагрузку на сервер, так как данные, запрашиваемые часто, хранятся в кэше и не требуют повторного извлечения из базы данных [4, с. 9].

Репликация данных является еще одним важным инструментом повышения доступности и отказоустойчивости. В современных СУБД часто используется репли-

кация для создания копий базы данных на разных серверах, что обеспечивает доступность данных даже в случае сбоя одного из серверов. Для некоторых СУБД, таких как MySQL, репликация является основным способом обеспечения отказоустойчивости. Синхронная репликация помогает гарантировать консистентность данных, но она может увеличить задержки, в то время как асинхронная репликация позволяет повысить производительность, но может привести к временной несогласованности данных [5, с. 19].

Масштабируемость является важным аспектом для СУБД, особенно при работе с большими объемами данных. Горизонтальное масштабирование позволяет эффективно распределять данные между несколькими серверами, обеспечивая при этом высокую доступность и отказоустойчивость. Это особенно важно для распределённых СУБД, таких как MongoDB или Cassandra, которые автоматически распределяют данные по нескольким узлам, что повышает производительность за счет параллельной обработки запросов [3, с. 8]. Однако с этим связаны и сложности, такие как необходимость синхронизации данных между узлами и управление транзакциями, что может повлиять на задержки и производительность в целом.

Также важным инструментом для повышения отказоустойчивости является репликация данных. Репликация позволяет создавать копии данных на нескольких серверах, что обеспечивает доступность данных даже в случае сбоя одного из серверов. В MySQL используется как синхронная, так и асинхронная репликация, каждая из которых имеет свои преимущества и недостатки в зависимости от требований к производительности и консистентности данных [5, с. 19].

Шардирование — это метод горизонтального разделения данных на несколько частей, называемых шардами, которые могут храниться на разных серверах. Это позво-

ляет эффективно обрабатывать большие объемы данных, разделяя нагрузку между серверами. В таких системах, как MongoDB, шардирование позволяет распределить данные по нескольким узлам, обеспечивая при этом высокую производительность и отказоустойчивость. Каждый шард может работать независимо, что снижает нагрузку на отдельные серверы и позволяет масштабировать систему по мере необходимости [4, с. 9].

Современные технологии, такие как облачные решения и in-memory базы данных, значительно повышают производительность СУБД. Облачные сервисы, такие как Amazon Web Services и Google Cloud, позволяют пользователям масштабировать ресурсы по мере необходимости, предоставляя почти неограниченные вычислительные мощности. In-memory базы данных, такие как Redis, позволяют ускорить выполнение запросов за счет хранения данных в оперативной памяти, что исключает задержки, связанные с доступом к дисковым хранилищам [2, с. 14].

Для лучшего понимания, как различные методы влияют на производительность СУБД, приведем сравнительные данные. Например, использование in-memory технологий, таких как Redis, позволяет значительно ускорить выполнение запросов, потому что все данные обрабатываются непосредственно в памяти. В то время как использование шардирования в MongoDB позволяет эффективно распределить нагрузку между несколькими серверами, повышая пропускную способность системы. Внедрение кэширования, как на уровне базы данных, так и на уровне приложения, позволяет ускорить доступ к часто запрашиваемым данным, снижая нагрузку на сервер и повышая общую производительность системы [5, с. 19].

Для оценки влияния различных методов на производительность СУБД приведем таблицу, отражающую разницу между ними:

Таблица 1. Влияние методов оптимизации на производительность СУБД

Метод	Ускорение выполнения запросов, %	Экономия ресурсов, %
In-memory технологии	50%	30%
Шардирование	60%	25%
Кэширование	40%	20%
Репликация	30%	15%

Источник: [4, с. 10]

Рассмотрев эффективность различных методов, можно выделить наиболее эффективные подходы для повышения производительности СУБД. Использование in-memory технологий и шардирования показало наибольший эффект, особенно в условиях работы с большими объемами данных и высокой нагрузкой. Кэширование, в свою очередь, помогает существенно ускорить доступ к часто запрашиваемым данным, снижая нагрузку на сервер.

Производительность СУБД является ключевым фактором, влияющим на эффективность работы информа-

ционных систем. Современные методы, такие как индексация, шардирование, кэширование и репликация данных, позволяют значительно улучшить производительность и обеспечивать высокую доступность и отказоустойчивость. В будущем, с развитием технологий облачных вычислений и автоматического масштабирования, производительность СУБД будет только улучшаться, предоставляя возможности для обработки ещё больших объемов данных и работы с высоконагруженными системами.

Таким образом, выбор методов и технологий для повышения производительности зависит от специфики задачи и типа данных, с которыми работает система. Важно использовать комплексный подход, который позволит опти-

мизировать не только саму СУБД, но и её взаимодействие с приложениями и внешними сервисами, обеспечивая тем самым высокую скорость и отказоустойчивость на всех уровнях работы системы.

#### Литература:

1. Tuchkova A. S., Nagibin M. N. Общая характеристика, назначение, возможности, состав и архитектура СУБД // Волга ГУТ.— 2021.— С. 4–6.
2. Redis DBMS. Повышение производительности веб-приложений средствами СУБД Redis // КиберЛенинка.— 2020.— С. 12–14.
3. Обзор современных систем управления базами данных // КиберЛенинка.— 2021.— С. 9–11.
4. Аббакумов А. А., Егунова А. И., Таланов В. М. Реляционные СУБД: современное состояние и перспективы // Информатика и системы.— 2023.— С. 8–12.
5. Донской В. И. Современные технологии распределённых баз данных // Вестник инноваций.— 2022.— С. 18–22.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### Инновационные напитки из листьев амаранта

Альдарвиш Абдулмалек Яхья Мохаммед, студент магистратуры  
Научный руководитель: Шмалько Наталья Анатольевна, кандидат технических наук, доцент  
Кубанский государственный технологический университет (г. Краснодар)

*В статье рассмотрены вопросы, посвященные перспективе использования листьев амаранта в производстве инновационных напитков, в том числе специализированного назначения. Подробно рассмотрены вопросы получения экстрактов из листьев амаранта, способах их концентрирования и выделения из них пектиновых веществ. Приведены результаты промышленной апробации экстрактов из листьев амаранта в производстве безалкогольных напитков и пива. Указаны преимущества выпуска инновационных напитков из листьев амаранта по сравнению со стандартной продукцией.*

**Ключевые слова:** напитки, пиво, листья амаранта, экстракт, пектин.

### Innovative drinks made from amaranth foliage

Aldarvish Abdulmalek Yakhya Mokhammed, student master's degree  
Scientific advisor: Shmalko Natalia Anatolyevna, candidate of technical sciences, associate professor  
Kuban State Technological University (Krasnodar)

*The article discusses issues related to the prospect of using amaranth foliage in the production of innovative beverages, including specialized ones. The issues of obtaining extracts from amaranth foliage, methods of their concentration and isolation of pectin substances from them are considered in detail. The results of industrial testing of extracts from amaranth foliage in the production of soft drinks and beer are presented. The advantages of producing innovative drinks from amaranth foliage in comparison with standard products are indicated.*

**Keywords:** drinks, beer, amaranth foliage, extract, pectin.

Специалисты НИИ пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности в своей работе [1] утверждают, что «...тенденции развития отечественного потребительского рынка свидетельствуют о расширении ассортимента безалкогольных напитков с использованием в их составе натуральных компонентов, в том числе из растительного сырья». Сформулировано определение безалкогольного напитка как «оптимальной формы пищевого продукта, содержащего комплекс природных нутриентов, употребляемой для профилактики и оздоровления организма человека». В связи с этим, интерес специалистов вызывает исследование возможности получения поликомпонентных концентратов и безалкогольных напитков на их основе.

Так, в процессе получения поликомпонентных концентратов и безалкогольных напитков «Дебют Амаранта-1» и «Дебют Амаранта-2» использовали растительную смесь,

основная составляющая которой – индукционное растение амарант овощного сорта «Валентина» *Amaranthus tricolor* в виде фиточая «Амарантил» (гранулированные листья амаранта). Базовая технология получения подобных экстрактов из растительных смесей основана на биокатализе, для чего используется экстрагент, включающий цито-пекто-протеолитический или цито-пекто-амилолитический ферментные комплексы, а также пищевые добавки, активирующие деятельность собственных ферментов сырья, стабилизирующих процесс гидролиза и улучшающие вкусовые свойства экстракта и поликомпонентных концентратов на его основе.

Получаемый экстракт обогащается продуктами гидролиза некрахмальных полисахаридов, легкоусвояемыми веществами углеводной и белковой природы. Продукты гидролиза, образуемые в процессе биокатализа, способствуют формированию функциональных и технологических

свойств, положительно влияют на создание комплекса нутриентов, формирующих органолептические свойства с проявлением мягкого сбалансированного вкуса.

Результаты научно-экспериментальных работ по определению критериев процесса биоконверсии позволили оптимизировать размеры частиц растительного, в том числе плодового сырья, в измельченной массе. Размер частиц в растительной смеси должен находиться в пределе 3–5 мм. Продолжительность процесса биокатализа с периодическим системным перемешиванием гидролизуемой смеси в замкнутом пространстве составляет 12 ч при температуре 46–48 °С. По окончании процесса гидролиза отделяют гидролизат, и инактивируют в нем ферменты путем кратковременного температурного воздействия при 80–85 °С. Гидролизат резко охлаждают до 20–25 °С, спиртуют до 9–12 об.% спирта.

В процессе естественной ассимиляции спиртованного гидролизата (экстрагента) в течение 5–7 суток формируется его вкусовая гармония, и происходит седиментация твердой фазы, попадающей в гидролизат от шрота. Отфильтрованный экстракт применяют в качестве основного компонента в поликомпонентном концентрате для разрабатываемых напитков «Дебют Амаранта-1» и «Дебют Амаранта-2». Для сгущения готовят смесь из определенных соотношений экстракта и углеводной или углеводсодержащей добавки для достижения в ней оптимальной массовой доли сухих веществ: от 9 до

13 г/100 см<sup>3</sup>, что способствует получению готового поликомпонентного концентрата с содержанием не менее 20% экстрактивных веществ от общей массовой доли сухих веществ в нем. На опыте сгущение смеси проводили в глубоком вакууме при температуре 45–50 °С, при этом в готовом поликомпонентном концентрате массовая доля сухих веществ составила 68%. В технологии получения поликомпонентного концентрата для напитков «Дебют Амаранта-1» и «Дебют Амаранта-2» в качестве углеводных добавок использовали сахар-песок и мальтозную патоку. Полученный таким образом поликомпонентный концентрат обладал умеренно выраженным вкусом-ароматическим восприятием, свойственным используемым составляющим растительной смеси.

Содержание экстрактивных веществ растительного сырья, вносимых с рецептурными составляющими в безалкогольные напитки, представлено в табл. 1. В составе сухих веществ поликомпонентного концентрата для напитков «Дебют Амаранта-1» и «Дебют Амаранта-2» содержание экстрактивных веществ ягод, вегетативной части кустарника черной смородины, сухого гранулированного листа фиточай «Амарантил» составило 22,8–22,9 г, в том числе 15,32–15,40 г экстрактивных веществ листа амаранта; 6,5 г экстрактивных веществ ягод черной смородины; 1,0 г экстрактивных веществ вегетативной части кустарника черной смородины. То есть, составленные безалкогольные напитки практически идентичны по составу.

Таблица 1. Содержание экстрактивных веществ растительного сырья, вносимых с рецептурными составляющими в безалкогольные напитки

Рецептурные составляющие	Экстрактивные вещества растительного сырья, г/100 <sup>3</sup> безалкогольного напитка	
	«Дебют Амаранта-1»	«Дебют Амаранта-2»
Поликомпонентный концентрат на основе экстракта листа амаранта сорта «Валентина»	0,570	0,573
Экстрактивные вещества листа амаранта сорта «Валентина»	0,380	0,385
Экстрактивные вещества ягод черной смородины	0,160	0,163
Экстрактивные вещества из вегетативной части кустарника черной смородины	0,030	0,025
Поликомпонентный концентрат на основе каркаде	0,090	0,090
Поликомпонентный концентрат на основе стевии	–	0,022
Итого	0,660	0,685

Безалкогольные напитки «Дебют Амаранта» имеют оригинальный полный мягкий плодовой вкус, органично сочетаемый с легким плодовым букетом, цветовую гамму от темно-рубинового до красно-коричневого оттенков. Потребительские свойства данной продукции подтверждены апробацией в медицинском учреждении при коррекции дисбиотических и иммунологических нарушений у пациентов [1].

Специалисты-практики пивоваренной отрасли [2] отмечают, что «...современной тенденцией пивоваренного

производства также является расширение ассортимента путем выпуска специальных сортов пива, полученных с применением растительных экстрактов, придающих новые вкусовые оттенки напиткам, которые обогащают их биологически активными веществами, оказывающими положительное воздействие на физиологические функции организма с целью уменьшения на него отрицательного влияния этанола».

В качестве перспективного сырья для пивоварения позиционируется листва амаранта *Amaranthus paniculatus*

L., собранная в фазу цветения и использованная для приготовления водного экстракта методом настаивания при гидромодуле 1: 20 в пересчете на сухую массу образца.

В производственных условиях измельченные сушеные листья амаранта в количестве 0,1% от объема сбраживаемого сусла заливали горячим суслом с температурой 90–95 °С и настаивали в течение 30 мин. Затем настой, освобожденный от листьев, вносили в вирпул за 10 мин до начала перекачки сусла на брожение. Сбраживание охмеленного сусла с экстрактом листьев амаранта производили дрожжами *Saccharomyces cerevisiae* W 34/70.

Производственные испытания по выпуску опытной партии пивного напитка – пиво «Амарантное» (нефильтрованное, неосветленное, светлое) показало, что экстракт из листьев амаранта благотворно влияет на активность пивоваренных дрожжей, а в осадочных дрожжах опытного образца упитанность дрожжевых клеток на 10% выше, чем в контроле. Результаты изучения физико-химических показателей пивного напитка – пиво «Амарантное» в сравнении с контролем – пивом светлым «Ямское» (ГОСТ 31711–2012) представлены в табл. 2, органолептических показателей – в табл. 3.

Физико-химические показатели контроля и опытного образца пивных напитков идентичны и соответствуют требованиям стандарта. Пивной напиток с экстрактом из листьев амаранта по сравнению с пивом «Ямское» имел

большую высоту пены и более высокую пеностойкость. Пиво «Амарантное» отличалось более гармоничным вкусом с мягкой хмелевой горечью, чистым свежим запахом, в нем появился слегка ощутимый запах лайма, гармонично сочетающийся с солодовым вкусом.

В полученном пивном напитке установлено содержание рутина до 2,4 мг%, откуда, исходя из рекомендуемой суточной нормы потребления рутина для взрослого человека (30 мг%), следует, что употребление 200 мл пивного напитка — пиво «Амарантное» позволит обеспечить организм человека на 16% рутина от его суточной потребности, что позволяет отнести разработанный напиток к специализированным сортам пива.

С другой стороны, большое внимание исследователей уделяется разработке более сложных в инновационном отношении физико-химических способов извлечения биологически ценных веществ из листьев амаранта.

Например, из растения *Amaranthus cruentus* путем проведения кислотного и ферментативного анализа получены образцы пектина, обладающие различными физико-химическими характеристиками (табл. 4). Так, пектин, полученный с использованием щавелевой кислоты, представляет собой полигалактуроновую кислоту, в котором основное звено является  $\alpha$ -аномером, а выявленное методом ЯМР  $^{13}\text{C}$  присутствие в нативном пектине небольшого числа этерифицированных карбоксильных групп

Таблица 2. Физико-химические показатели пивного напитка с экстрактом из листьев амаранта

Показатель	Нормируемые показатели для пива светлого	Пиво светлое «Ямское»	Пиво светлое «Амарантное»
Начальная экстрактивность сусла, %	12,0	11,9	12,1
Объемная доля спирта, %	Не менее 4,5	4,83	4,66
Кислотность, к. ед.	Не более 3,2	1,45	1,45
Цветность, ц. ед.	0,2–2,5	0,8	0,8
Массовая доля двуокиси углерода, %	Не менее 0,4	0,58	0,60
Высота пены, мм	Не менее 40	40	45
Пеностойкость, мин	Не менее 3	3 мин 40 с	4 мин 20 с
Энергетическая ценность, ккал в 100 г пива	46	46	46

Таблица 3. Органолептические показатели пивного напитка с экстрактом из листьев амаранта

Показатели	Пиво светлое «Ямское»	Пиво светлое «Амарантное»
Прозрачность	Прозрачное, со слабым блеском, без взвешенных частиц (3 балла)	Прозрачное, с опалесценцией, без взвешенных частиц (3 балла)
Аромат	Приятный, но слабо выраженный (3 балла)	Аромат пива, чистый, свежий, хорошо выраженный, ощущается легкий тон лайма (4 балла)
Вкус	Вкус отличный, гармоничный, соответствующий данному типу пива (5 баллов)	Вкус отличный, гармоничный, соответствующий данному типу пива (5 баллов)
Хмелевая горечь	Хмелевая горечь не очень сглаженная, грубоватая (4 балла)	Хмелевая горечь мягкая, сглаженная, соответствующая данному сорту пива (5 баллов)
Цвет	Светло-желтый, соответствует данному сорту пива (3 балла)	Золотистый, светло-желтый (4 балла)

Таблица 4. Физико-химические характеристики пектина из листы амаранта

Характеристики	Используемый агент				
	HCl	0,25% (COOH) <sub>2</sub>	(CH <sub>2</sub> -COOH) <sub>2</sub>	MeCH(OH)-COOH	композиция ферментов
Влажность,%	5,50	5,80	7,00	8,90	8,80
pH 1%-ного раствора	2,70	4,70	5,76	5,90	4,80
Вязкость 1%-ного раствора, мПа*с	1,20	1,34	1,68	1,67	3,20
Степень этерификации,%	45	75	72	75	70–75
Количество этерифицированных карбоксильных групп,%	6,08	3,05	2,70	4,40	10,00
Содержание свободных карбоксильных групп,%	6,20	4,50	5,40	4,40	16,20
Уронидная составляющая,%	45,00	76,70	50,00	67,80	90,00
Молекулярная масса, тыс.у.е.	13–15	90–110	110	90	130–170

COOMe (10–20%) приводит к появлению соответствующих минорных сигналов 173,67 (COOMe), 107,73 (C<sup>1</sup>), 82,33 (C<sup>4</sup>), 55,74 м.д. (ОН<sub>3</sub>).

Очевидно, что при извлечении пектина из листы амаранта с помощью неорганической (соляной) кислоты степень его этерификации и молекулярная масса значительно ниже, чем при использовании других экстрагентов, что позволило отнести данный образец к группе низкометаксилерованных пектинов, отличающихся пониженной желирующей способностью. И, напротив, применение органических (щавелевой, молочной) кислот, их солей или композиции ферментов позволяет получить высокоэтерифицированные пектины с большой молекулярной массой, по своим желирующим свойствам приближающиеся к традиционному яблочному пектину.

Пектин амаранта, выделенный молочной кислотой, содержит участки линейного α-(1→4)-полигалактуронана и разветвленные области. Данные ЯМР-спектроскопии опытного образца указывают на значительное содержание нейтральных сахаров как в α-, так и в β-формах, а специфической способностью пектина амаранта является способность образовывать комплекс с молочной кислотой. Более детальное изучение структуры модифицированных пектинов из листы амаранта методами ИК-спектроскопии и ЯМР <sup>13</sup>C позволило выявить, что спектр пектината калия содержит более узкие линии по сравнению со спектром нативного пектина, число которых возрастает, как полагают, благодаря реализации различных типов водородной связи аниона COO<sup>-</sup> с протонами гидроксигрупп. Спектр метоксилированного пектина существенно усложняется и в упрощенном виде представляет собой суперпозицию спектров высокометоксилированного и неэтерифицированного пектинов. Анализ спектра ЯМР <sup>13</sup>C метоксилированного пектина (α ≈ 50%) согласуется со структурой α-(1→4)-связанного-D-полигалактуронана [3].

Приведем примеры аппаратного оформления способов выделения пектина из листы амаранта. Пред-

ложена технология, осуществляемая в экстракторе непрерывного действия с противоточным движением фаз гетерогенной системы. Вначале производится замачивание сухой фитомассы в 0,25%-ном водном растворе щавелевой кислоты в течение 120 мин, затем экстракция тем же реагентом в течение 180 мин при температуре 50°C и гидромодуле 1: (10–16). После обработки твердая масса (жом) отжимается и расходует на производство кормового белка, а целевой продукт — экстракт пектина очищается от механических примесей на тканевом фильтре. Пектиновый экстракт концентрируют до 5–8% посредством ультрафильтрации через полуволоконные мембранные фильтры. Выход пектина составляет 26–33% от массы сухого образца, его молекулярная масса приближается к 25 кДа, количество карбоксильных групп – до 10–13%, уронидная составляющая – до 70–75%, зольность – не более 0,08%. Указанный способ экстракции пектина из листы амаранта обеспечивает снижение температуры реакционной смеси, что предотвращает протекание избыточно глубокого гидролиза пектиновых веществ и переход в готовый продукт загрязнителей [4].

Для интенсификации технологического процесса производства пектина из листы амаранта рекомендуется использовать метод гидроакустической обработки сырья в роторно-пульсационном аппарате, в котором при оптимальных условиях одновременно должны протекать процессы измельчения сырья, гидролиза протопектиновой фракции и экстракции пектиновых веществ. Роль гидролизующего агента и экстрагента выполняет вода, которая, активируясь, приобретает каталитические свойства. Принципиально суперкавитирующий гидродинамический аппарат [5] работает следующим образом. Обрабатываемая смесь гидролизующего реагента и пектинсодержащего сырья поступает через входной патрубок в корпус. Вращающийся вместе с валом ротор прокачивает жидкотекучую среду через ступени ротор-статор. Протекая в каналы ротора и статора, жидкотекучая среда подвергается в зазорах между ротором и статором ка-

витационным резонансным механоакустическим воздействиям, возникающими между ними. В результате происходит дезинтеграция пектинового сырья с одновременной высокоэффективной экстракцией пектина в водную фазу.

Процесс обработки фитомассы амаранта в роторно-пульсационном аппарате «S-эмульгатор» комплексным гидролизующим агентом (вода, 0,25%-ный водный раствор щавелевой кислоты и водный раствор ферментов целлюлозного комплекса) проводят в течение 30–240 секунд в зазоре между статором и вращающимся ротором при значениях градиентов скоростей  $(1,8-4,6) \times 10^6$  м/с\*м и гидромодуле 1: (10–15). Получаемый экстракт отделяют отжимом, фильтрованием или центрифугированием, после чего подвергают ультрафильтрации на мембранной установке с полуволоконным ультрафильтрационным модулем. Пектины амаранта, полученные таким способом, имеют степень этерификации до 70–75% и молекулярную массу в пределах от 30 до 100 кДа.

Для замены непивного экстрагента и проведения процесса экстракции в кислой среде, повышающей выход пектина, предложено использовать молочную сыворотку, содержащую значительное количество молочной кислоты с титруемой кислотностью 82–122 °Т, активной кислотностью рН 4,0–5,0 и массовой долей белка не более 1,3%. Предложенный способ позволяет повысить выход конечного продукта за счет обработки сырья в аппарате при скорости вращения ротора 4500–5000 мин<sup>-1</sup> в течение 60 секунд, температуре 38–40 °С и гидромодуле 1: (10–12). Полученные таким образом пектиновые вещества представляют собой кислые полисахариды с высокой степенью этерификации (55–75%) и молекулярной массой от 50 до 100 кДа [6].

Для предотвращения окисления молочных напитков рекомендуется использовать полифенольные комплексы (до 10% объема от объема кисломолочного продукта), выделяемые из листьев амаранта, которые проявляют свойства антиоксидантов за счет способности связывать ионы тяжелых металлов в устойчивые соединения, лишая последних активного каталитического действия [7]. Считается, что использование полифенольных комплексов листьев амаранта в сочетании с аскорбиновой кислотой приводит к снижению интенсивности накопления мо-

лочной кислоты, что необходимо для регуляции процесса сквашивания [8]. При этом наличие пектиновых веществ в экстракте из листьев амаранта до 1,62%, служащих стабилизаторами, способствует улучшению консистенции кисломолочного продукта и формированию в нем синергических свойств ступка, усиливая его влияние на гидрофильность [9].

В технологии алкогольных напитков пектиновый гидролизат из листьев амаранта предложено использовать в производстве пива в качестве стабилизатора. Введение гидролизата в образцы пива типа «Жигулевское» (нефильтрованное), «Нижнекамское темное» с содержанием спирта 4,8% об., плотностью 15%, «Красный Восток» крепкое светлое с содержанием спирта 8,6% об., плотностью 16% практически не изменяет кислотность, снижая кинетическую вязкость с 2,7 мм<sup>2</sup>/см<sup>2</sup> до 1,9 мм<sup>2</sup>/см<sup>2</sup> и увеличивая плотность с 1,010 кг/м<sup>3</sup> до 1,15 кг/м<sup>3</sup>, а также удлиняет срок хранения продукции. Ввод пектинового гидролизата в пиво приводит к снижению поверхностного натяжения пузырьков углекислого газа, в результате чего стабильность и высота пены повышаются, и она получается компактной как при обильном, так и при медленном выделении пузырьков газа.

В ходе хранения нефильтрованного пива, обработанного гидролизатом из листьев амаранта, отмечается выпадение белоксодержащих осадков, улучшение показателей его вкуса и прозрачности, появление мягкого вкуса и удаление горечи. Бактерицидные свойства пектинового экстракта позволяют значительно снизить температуру и продолжительность пастеризации пива с целью предотвращения его потемнения, изменения запаха и появления специфического хлебного привкуса. К примеру, при стабилизации пива «Красный Восток» после хранения в течение одного месяца пектиновый гидролизат снижает содержание кислорода на 25% по сравнению с контролем, повышая его биологическую стойкость к окислению [10].

Таким образом, приходим к выводу о необходимости проведения исследований в области разработки инновационных напитков из листьев амаранта с учетом детального изучения химического состава сырья, условий проведения экстракции биологически активных веществ, способов обогащения ими безалкогольных и алкогольных напитков.

#### Литература:

1. Амарант сорта «Валентина» — перспективный сырьевой ресурс для напитков здоровья / Г.Л. Филонова, О.А. Соболева, Т.А. Головина, П.Ф. Кононков, В.К. Гинс, М.С. Гинс // Пиво и напитки, 2015. — № 4. — С. 10–14.
2. Соколенко Г. Г., Шилова Е. С. Разработка технологии пивного напитка с использованием листьев амаранта // Пиво и напитки. 2015. — № 4. — С. 62–65.
3. Структурно-химические исследования пектиновых веществ растения *Amaranthus cruentus* и их производные / О.В. Цапаева, Н.А. Соснина, В.Ф. Миронов, С.Т. Минзанова и др. // Химия и технология растительных веществ: материалы II Всероссийской конференции, Казань, 24–27.06.2002 г. — С. 107–108.
4. Патент 2119497 РФ МПК<sup>6</sup> C08B37/06 Способ получения пектина / А.И. Коновалов, Е.Н. Офицеров, Н.А. Соснина, В.Ф. Миронов и др.; Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова Казанского научного центра РАН, научно-производственное предприятие «ЭТТА». Заяв. № 971104626/13. Опубл. 27.09.1998.

5. Промтов М. А. Машины и аппараты с импульсными энергетическими воздействиями на обрабатываемые вещества: учебное пособие. — М.: «Издательство машстроение-1», 2004. — 93 с.
6. Экстрагирование пектиновых веществ амаранта в суперкавитирующем аппарате роторно-пульсационного типа / Н. А. Соснина, В. Ф. Миронов, А. И. Коновалов, С. Т. Минзанова // Хранение и переработка сельхозсырья, 1999. — № 6. — С. 32–35.
7. Щербакова С. А. Полифенолы амаранта в качестве натуральных антиоксидантов для кисломолочных продуктов // Молочная промышленность, 2002. — № 8. — С. 43–44.
8. Зобкова З. С., Щербакова С. А. Синергизм полифенольного комплекса амаранта с аскорбиновой кислотой // Молочная промышленность, 2003. — № 2. — С. 49–51.
9. О реологических характеристиках кисломолочного продукта с экстрактом листьев растения амарант / З. С. Зобкова, В. Д. Харитонов, С. А. Щербакова, С. В. Карпычев // Хранение и переработки сельхозсырья, 2003. — № 8. — С. 101–104.
10. Шмалько Н. А., Росляков Ю. Ф. Амарант в пищевой промышленности. — Краснодар: Просвещение-Юг, 2011. — 489 с.

## Инновационные чайные продукты из листьев амаранта

Альдарвиш Абдулмалек Яхья Мохаммед, студент магистратуры  
 Научный руководитель: Шмалько Наталья Анатольевна, кандидат технических наук, доцент  
 Кубанский государственный технологический университет (г. Краснодар)

*В статье рассмотрены вопросы, посвященные перспективе использования листьев амаранта в производстве чайной продукции как источника метаболитов с высокой антиоксидантной активностью в определенной фазе развития растения. Особенно уделено внимание составу веществ фенольной природы как в исходном сырье, так и получаемых на основе амаранта фитокомпозициях чая. Приводятся результаты балльной органолептической оценки водных растворов воздушно-сухой листовой части амаранта с дальнейшей доработкой фитокомпозиций чая до требуемого отличного результата дегустации. Представлены преимущества выпуска инновационного чайного продукта из листьев амаранта в форме биологически активной добавки.*

**Ключевые слова:** чай, листья амаранта, полифенолы, амарантин, водный экстракт, фитокомпозиция, биологически активная добавка.

## Innovative tea products made from amaranth foliage

Aldarvish Abdulmalek Yakhya Mokhammed, student master's degree  
 Scientific advisor: Shmalko Natalia Anatolyevna, candidate of technical sciences, associate professor  
 Kuban State Technological University (Krasnodar)

*The article discusses issues related to the prospect of using amaranth foliage in the production of tea products as a source of metabolites with high antioxidant activity in a certain phase of plant development. Special attention is paid to the composition of substances of phenolic nature both in the feedstock and in tea phytocompositions obtained on the basis of amaranth. The results of a point organoleptic evaluation of aqueous solutions of the air-dry leaf part of amaranth with further refinement of tea phytocompositions to the required excellent tasting result are presented. The advantages of producing an innovative tea product from amaranth foliage in the form of a biologically active additive are presented.*

**Keywords:** tea, amaranth foliage, polyphenols, amaranth, aqueous extract, phytocomposition, biologically active additive.

Современному человеку особенно важно следить за качеством собственного рациона питания. По мнению специалистов «ГНУ Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур» П. Ф. Кононкова и М. С. Гинса «...повсеместная компьютеризация и автоматизация на производстве и в быту заметно снизила энергозатраты людей до 2000–2300 ккал/сутки, следствием чего явилось уменьшение объема пищи и изменение ее качества в сто-

рону потребления рафинированных продуктов питания с выраженным дефицитом в них биологически активных веществ...» [1]. Как правило, за счет потребления традиционных продуктов невозможно удовлетворить суточную потребность организма в биологически активных веществах (БАВ). Отсюда возникает необходимость поиска альтернативных источников пищевых веществ, содержание в которых БАВ превышает привычные концентрации.

Те же авторы отмечают, что «...сырье для производства чайных продуктов, как правило, произрастает в странах тропического и субтропического пояса...», химический состав которого остается практически неизученным в отличие от готового продукта (чая). Учитывая важную роль чая в питании человека, одним из приоритетных направлений является создание технологии производства чайных напитков и инновационных продуктов чая общего и лечебно-профилактического направления на основе использования сырья только интродуцированных (районированных) растений.

Новые источники сырья с повышенным содержанием биологически активных веществ и высокой их биологической активностью необходимо использовать для повышения потребительских качеств чая вместо синтетических красителей и ароматизаторов, которые широко используются в чайной промышленности и далеко не безвредны для организма человека. К таким перспективным видам сырья относят овощные сорта амаранта.

Центром происхождения рода амаранта *Amaranthus* являются Южная и Центральная Америка, но в настоящее время виды амаранта широко распространены во всех регионах мира с тропическим и умеренным климатом. В переводе с греческого амарант означает «бессмертный» или «неувядающий цветок» («а» — не, «maraine» — увядать и «anthos» — цветок) [2]. В настоящее время в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации, допущенных к использованию (по состоянию на 21.08.2024), включены следующие сорта культурного амаранта овощного назначения: *Валентина* – сорт селекции ГНУ ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур (1999); *Крепыши* — сорт селекции ГНУ ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур (2004); *Памяти Коваса* — сорт селекции ГНУ ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур (2004); *Неженка* — сорт селекции ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (2015); *Факел* — сорт селекции ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (2015); *Рубиновый букет* — сорт селекции ООО «Агрофирма Поиск» (2019) [3].

Продукты переработки амаранта нашли широкое применение в пищевых отраслях, в частности в производстве мясной, молочной, масложировой, пищевкусовой, мучкомольной, хлебопекарной, кондитерской и макаронной продукции [4]. Они отличаются улучшенным химическим составом белковых соединений, ненасыщенных липидов, минеральных веществ и витаминов, поэтому считаются обогатителями пищи. Но какова роль амаранта в технологии чайных продуктов?

Вначале обратимся к химическому составу традиционных чайных продуктов. Во-первых, они содержат фенольные соединения, составляющие 25% сухой массы чайного листа и включающие свыше 30 близких по природе соединений, представленных на 60–70% катехинами и их галловыми эфирами. Катехины обладают способностью снижать до нормального состояния проницаемость

капилляров, повышают их эластичность, предотвращают капиллярные кровоизлияния, улучшают состояние при капилляротоксикозах и гипертонической болезни.

Во-вторых, другая группа веществ чайного листа — флавоноиды представлена моно-, ди- и тригликозидами трех агликонов: кемпферона, кверцетина и мирицетина. Хотя содержатся они в малых количествах, проявляя антиоксидантную активность, но довольно устойчивы к окислительным превращениям, благодаря чему в готовом продукте их сохранность достигает до 80% от исходного количества. Флавоноиды способны связывать свободные радикалы и образовывать хелатные соединения с ионами металлов (железа, меди), лишая их, тем самым, каталитического действия в процессах окисления. Наряду с антиоксидантной активностью они проявляют антигистаминный эффект, уменьшая проницаемость капилляров, и применяются в качестве сосудорасширяющих средств.

При ферментации чайного листа соединения фенольной природы, в том числе флавоноиды, принимают участие в окислительно-восстановительных процессах, оказывая влияние на формирование вкуса, цвета настоя и частично аромата готового черного чая. Однако черный чай, получаемый по классической технологии, содержит малое количество катехинов вследствие их окисления и осаждения при операциях завяливания, скручивания, ферментации и сушки чайного листа. В зависимости от применяемых технологических режимов суммарное содержание фенольных соединений в чае может снижаться на 25–40%, что недостаточно для поддержания рекомендуемого уровня содержания БАВ в пище.

Как оказалось, в листе амаранта, кроме белка, содержится полный набор витаминов группы В, Е, С, а также каротиноиды, флавоноиды (рутин, кверцетин и др.), простые фенольные соединения (оксibenзойные кислоты) и оксикоричные кислоты и их эфиры); 5–6% водорастворимого пектина, по железирующим свойствам схожего с яблочным, способного связывать и выводить из организма токсины, тяжелые металлы, радионуклиды. Содержание аскорбиновой кислоты сравнимо с количеством витамина С в плодах перца и листьях многолетнего лука. Общая антиоксидантная активность листьев амаранта сравнима с активностью лимонника китайского, женьшеня и превосходит многие лекарственные травы.

Красноокрашенные листья амаранта содержат пигмент бетацианин — амарантин (алкалоид), биосинтез которого является одной из защитно-приспособительных реакций растения к абиотическим и биотическим факторам среды. Для него обнаружены значительные антиоксидантные свойства: ингибирование супероксид анион радикала и свободных радикалов; образование комплекса с ионами переходных металлов (железо, медь, цинк), которые катализируют образование свободных радикалов. В листе амаранта амарантин присутствует как в свободной форме, так и в связанной форме с белком или пектином, активно локализуясь в присутствии УФ-А света в клетках нижнего эпидермиса, верхнего эпидермиса и мезофилла [5].

Поскольку весьма актуальной является проблема обогащения черного байхового чая флавоноидами других растений, содержащих их в большей концентрации, чем сама чайная культура, то высушенная листва амаранта является желательным компонентом в составляемых фитокомпозициях чая. Предложена технология производства черного байхового чай по ТУ 9191-431-04605473-2002 «Чай байховый с листьями амаранта» (табл. 1). Технологический режим переработки сырья из амаранта следующий: толщина листа при завяливании не более 3 см; продолжительность завяливания при температуре 50°C — 8–10 ч; сушка сырья при толщине слоя не более 5 см при температуре 45–70°C – 60–90 мин для снижения влаги в нем до 7–9%. Завершение сушки красноокрашенной листвы амаранта осуществляется появлением темно-красно-фиолетового окрашивания за счет перехода пигмента амарантина.

Например, использование листвы овощного амаранта сорта Валентина *Amaranthus tricolor* в сочетании с черным байховым чаем позволяет обогатить чайный продукт соединениями, обладающими Р-витаминной активностью за счет увеличения содержания флавоноидов (табл. 2). Клинические испытания разработанных чайных напитков показали их способность снимать изжогу, вызывая нейтральную и слабощелочную реакции, мочегонное действие и улучшение работы желудочно-кишечного тракта вследствие роста и размножения бифидобактерий.

Отдельным вопросом выступают результаты органолептической оценки водных экстрактов воздушно-сухой листовой части амаранта (при гидромодуле 1:100), хранившейся в течение 3, 6 и 10 месяцев в воздушной среде при температуре 18–20°C (табл. 3). Показатели качества экстрактов оценивали с помощью методики оценки без-

алкогольных напитков по 19-балльной шкале, в которой цвет (настой) – 6, вкус – 7 и аромат – 6 баллов [6].

Проведенная органолептическая оценка экстрактов листовой части амаранта свидетельствует о том, что все изучаемые образцы имеют ярко выраженный неприятный терпкий вкус, неизменяющийся на протяжении всего срока хранения. Отсутствие по истечении 6–10 месяцев хранения насыщенного красного цвета экстракта амаранта багряного (*Amaranthus paniculatus*), красно-оранжевого – амаранта красного (*Amaranthus hypochondriacus*) и светло-зеленого — амаранта белого (*Amaranthus albus*), характерных для свежего сырья, связывают с нарушением содержащихся в амаранте пигментов бетанина и амарантина в процессе длительного хранения в воздушной среде.

Очевидно, что хранение в пределах 3 месяцев не изменяет органолептические показатели экстрактов сырья, в то время как хранение в пределах 6–10 месяцев отрицательно влияет на цвет получаемых водных экстрактов. Для создания фитокомпозиций с приемлемыми органолептическими показателями осуществлен подбор сырья (зеленый чай, липовый цвет, мята и др.), наиболее подходящего по вкусу и аромату в сочетании с основным компонентом (листовой частью амаранта, хранившейся до 3 месяцев в воздушной среде при температуре 18–20 °C).

Из указанных компонентов были составлены фитокомпозиции, балльная оценка которых представлена в табл. 4. Наилучшей балльной оценкой органолептических показателей обладают фитокомпозиции № 2, 3 и 5, на основании которых были разработаны рецептуры чая, где основной компонент — воздушно-сухая часть листвы амаранта красного и багряного представлена в количестве от 25 до 50%. Технологическая схема производства чайных

Таблица 1. Фракционный состав полифенолов в фитокомпозициях чая,%, в пересчете на абсолютно сухое вещество

Наименование продукта	Общая сумма фенолов	Простые полифенолы и фенолкарбоновые кислоты		Дифенилпропаноиды		Конденсированные и полимерные полифенолы (танины)
		простые полифенолы и оксиканнон-зольные кислоты	фенилпропаноиды (оксикоричные кислоты и их эфиры)	флавоноиды	катехины	
Чай байховый 100%	13,75	0,54	0,09	1,98	2,34	8,80
Кипрей, сухой лист, 100%	12,51	0,72	0,14	3,27	5,24	3,14
Кипрей, ферм.	10,54	0,23	0,05	2,98	1,71	5,57
Чай+кипрей (ферм.), 50:50%	11,74	0,38	0,06	2,34	2,02	6,94
Чай+кипрей (ферм.), 80:20%	13,10	0,48	0,08	2,18	2,21	8,15
<b>Чай+амарант, 50:50%</b>	9,57	0,48	0,08	<b>3,09</b>	1,17	4,74
Чай+стевия, 80:20%	12,68	0,53	0,09	2,29	2,12	7,65

Таблица 2. Состав флавоноидов в фитокомпозициях чая, %, в пересчете на абсолютно сухое вещество

Соединение	Чай байховый	Чай из листьев амаранта	Чай + амарант (50:50)
Кверцетин	–	0,31	0,15
Кверцетин-3-0-глюкозид	0,29	0,85	0,56
Кверцетин-3-0-галактозид	–	0,42	0,21
Кверцетин-3-0-рамнозид	0,24	0,54	0,39
Рутин	0,71	1,75	1,20
Кемпфенол-3-0-глюкозид	0,31	–	0,15
Кемпфенол-3-0-рамнозид	0,22	–	0,11
Кемпфенол-3-0-рутозид	0,10	–	0,05
Мирицетин-3-0-глюкозид	0,11	–	0,05
Апигенин-7-0-глюкозид	–	0,34	0,17
Сумма флавоноидов	1,98	4,21	3,04

Таблица 3. Балльная оценка органолептических показателей экстрактов листовой части амаранта

Амарант	Аромат и вкус	Настой	Балл	Оценка
<i>3 месяца хранения</i>				
Красный <i>A. hypochondriacus</i>	Недостаточно приятные вкус и аромат	Прозрачный, красно-оранжевый	9	Удовлетворительно
Багряный <i>A. paniculatus</i>	Грубоватый аромат, неприятный терпкий вкус	Прозрачный, темно-красный	8	Удовлетворительно
Белый <i>A. albus</i>	Недостаточно приятный аромат, терпкий приторный вкус	Прозрачный, светло-зеленый	8	Удовлетворительно
<i>6 месяцев хранения</i>				
Красный <i>A. hypochondriacus</i>	Недостаточно приятные вкус и аромат	Прозрачный, красно-оранжевый	5	Неудовлетворительно
Багряный <i>A. paniculatus</i>	Грубоватый аромат, неприятный терпкий вкус	Прозрачный, желто-коричневый	4	Неудовлетворительно
Белый <i>A. albus</i>	Недостаточно приятный аромат, терпкий приторный вкус	Прозрачный, светло-желтый	4	Неудовлетворительно
<i>10 месяцев хранения</i>				
Красный <i>A. hypochondriacus</i>	Недостаточно приятные вкус и аромат	Прозрачный, желто-коричневый	3	Неудовлетворительно
Багряный <i>A. paniculatus</i>	Грубоватый аромат, неприятный терпкий вкус	То же	3	Неудовлетворительно
Белый <i>A. albus</i>	Недостаточно приятный аромат, терпкий приторный вкус	Прозрачный, желтый	3	Неудовлетворительно

фитокомпозиций включает следующие этапы: сбор амаранта в период цветения до начала плодоношения; разделение зеленой массы амаранта на соцветия, листья, стебли; сортировка листьев; воздушно-сухая сушка листьев не позднее 2 ч после сбора при температуре  $25 \pm 2$  °C в течение 96 ч; комбинирование компонентов (добавление цедры лимона, липы, гречихи, зеленого чая, мяты); упаковывание по ГОСТ 51074–2003 [6].

Перечисленные недостатки органолептических показателей указывают на необходимость более детального изучения метаболитов амаранта с антиоксидантными свойствами при разработке функциональных напитков на основе листовой части растения, развивающейся в онтогенезе [7]. Так, характерная особенность листьев *A. tricolor* L. сорта Валентина — это красная окраска различной интенсивности, зависящая от возраста растительного ор-

Таблица 4. Балльная оценка органолептических показателей чайных фитокомпозиций

Композиция	Аромат и вкус	Настой	Балл	Оценка
№ 1 (амарант белый, липа, гречиха, зеленый чай)	Слабовыраженный аромат, неприятный вкус	Прозрачный, желто-зеленый	8	Удовлетворительно
№ 2 (амарант белый, липа, гречиха, зеленый чай, мята)	Нежный аромат и вкус мяты	То же	17	Отлично
№ 3 (амарант багряный, зеленый чай, мята, липа)	Полный букет с ароматом мяты, приятный вкус	Прозрачный, красно-оранжевый	18	Отлично
№ 4 (амарант красный, гречиха, липа, зеленый чай, мята)	Приятный мятный аромат, приятный с терпкостью вкус	Прозрачный, желто-оранжевый	16	Хорошо
№ 5 (амарант багряный, лимон (цедра), зеленый чай)	Приятный, насыщенный аромат, достаточно терпкий вкус	Прозрачный, красно-оранжевый	19	Отлично
№ 6 (амарант багряный, апельсин (цедра), зеленый чай)	Приятный аромат, достаточно терпкий вкус	То же	14	Хорошо
№ 7 (амарант багряный, лимон (цедра))	Грубоватый аромат, неприятный терпкий вкус	Прозрачный, темно-красный	8	Удовлетворительно
№ 8 (амарант багряный, апельсин (цедра))	То же	То же	8	Удовлетворительно

гана (старые листья, листья с оформленной пластинкой, листья с неоформленной пластинкой и ювенильные, жилка листа, черешки листьев, стебель, соцветие, корень) и определяемая в нем количеством пигмента амарантина. Водные экстракты разновозрастных листьев амаранта различаются по содержанию основных метаболитов с антиоксидантными свойствами: амарантина, аскорбиновой кислоты и каротиноидов (табл. 5). В ювенильных листьях аккумулируется максимальное количество амарантина, содержание которого по мере роста и старения листовой пластинки снижается. Аскорбиновая кислота преимущественно накапливается в активно фотосинтезирующих листьях с полностью оформленной пластинкой, в стареющих, напротив, ее количество уменьшается. В ювенильных листьях также отмечается тенденция к повышению содержания аскорбиновой кислоты.

Поскольку содержание антиоксидантов в органах амаранта различается, то исследователи для анализа закономерностей их совместного изменения ввели интегральный показатель — суммарное содержание антиоксидантов. В молодых листьях с неоформленной пластинкой оно оказалось меньше, чем в листьях с полностью оформленной. При этом жилки, черешки, стебли аккумулировали существенно меньше метаболитов с антиоксидантной активностью по сравнению с листьями.

Среди вторичных метаболитов, которые синтезируются в овощных растениях, биологической активностью харак-

теризуется группа фенольных соединений — веществ ароматической природы. Они обуславливают лекарственные и ядовитые свойства растений, участвуют в защите от биотических стрессоров, а также во взаимодействиях растений между собой и с другими организмами, в процессах размножения (окраска, запах цветков и плодов). Как было указано выше (табл. 2), в листе амаранта значительную долю фенольных соединений составляют флавоноиды.

Содержание флавоноидов в листе амаранта сравнимо с их количеством в лекарственных растениях (табл. 6). В соцветиях было обнаружено меньше флавоноидов и оксикоричных кислот, чем в листьях. Экстракты стебля имели минимальное содержание флавоноидов, но более высокие показатели по конденсированным и полимерным фенолам по сравнению с соцветием и листьями.

По результатам проведенных исследований, разработана биологически активная добавка (БАД) фиточай «Амарантил», являющаяся источником флавоноидов, оксикоричных кислот и амарантина, которая рекомендуется для профилактики и коррекции дисбактериоза, иммунной недостаточности и повышения адаптационных возможностей организма пациентов с экологически обусловленными заболеваниями [4]. БАД фиточай «Амарантил» способна выполнять защитные функции в организме человека, проявляя противоопухолевые свойства (патент № 2377008), укрепляя иммунную систему, нормализовать процесс функционирования бифидо- и лакто-

Таблица 5. Содержание метаболитов-антиоксидантов в органах у растений амаранта *A. tricolor* L. сорта Валентина

Орган	№ листа (снизу вверх)	Содержание		Суммарное содержание антиоксидантов, мг-экв. ГК/г сырой массы
		аскорбиновая кислота, мг%	амарантин, мг/г сырой массы	
Старые листья	1	161 ± 15,0	0,26 ± 0,02	2,32 ± 0,11
	2	186 ± 15,0	0,29 ± 0,02	2,30 ± 0,11
	3	176 ± 15,0	0,44 ± 0,02	2,25 ± 0,11
Листья с оформленной пластинкой	4	230 ± 15,0	0,48 ± 0,02	2,26 ± 0,11
	5	202 ± 15,0	0,51 ± 0,02	2,20 ± 0,11
	6	216 ± 15,0	0,57 ± 0,02	1,21 ± 0,11
Листья с неоформленной пластинкой и ювенильные	7	149 ± 15,0	0,55 ± 0,02	1,81 ± 0,11
	8	133 ± 15,0	0,72 ± 0,02	2,00 ± 0,11
	9	–	–	–
	10	167 ± 15,0	0,94 ± 0,02	2,11 ± 0,11
	11	–	–	–
Жилка листа		–	0,31 ± 0,02	0,70 ± 0,04
Черешки листьев		17 ± 1,5	0,79 ± 0,05	0,69 ± 0,04
Стебель		10 ± 1,5	0,21 ± 0,02	0,43 ± 0,03
Соцветие		130 ± 15,0	0,75 ± 0,05	1,18 ± 0,05
Корень		10 ± 1,5	0,11 ± 0,02	0,45 ± 0,03

Примечание. ГК — галловая кислота. Пропуски означают отсутствие данных.

Таблица 6. Фракционный состав и содержание (% на абсолютно сухую массу) фенольных соединений в соцветиях, листьях и стеблях у растений амаранта *A. tricolor* L. сорта Валентина

Орган	Сумма фенольных соединений	Простые фенольные соединения и оксикоричные кислоты	Оксикоричные кислоты и их эфиры	Флавоноиды	Конденсированные и полимерные фенольные соединения
Соцветия	5,52	0,55 ± 0,05	0,09 ± 0,01	3,94 ± 0,11	0,94 ± 0,11
Листья	5,47	0,43 ± 0,05	0,09 ± 0,01	4,21 ± 0,11	0,74 ± 0,11
Стебель	3,23	0,32 ± 0,05	0,05 ± 0,01	0,52 ± 0,11	2,34 ± 0,11

бактерий желудочно-кишечного тракта, что подтвердили клинические испытания против дисбактериоза у школьников (патенты № 2214454, № 2233222) [8].

Таким образом, приходим к выводу о необходимости проведения исследований в области разработки иннова-

ционных чайных продуктов из листы амаранта с учетом детального изучения антиоксидантных метаболитов данного растения при разработке функциональных напитков из специфических частей растения, развивающихся в онтогенезе.

#### Литература:

1. Кононков П. Ф., Гинс М. С. Интродукция амаранта в России // Овощи России, 2008. — № 1–2. — С. 79–82.
2. Шмалько Н. А., Росляков Ю. Ф. Бессмертный амарант // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки, 2004. — № 1. — С. 71–73.
3. Шмалько Н. А., Кудрявцева Л. А. Безглютеновые изделия с амарантом: отечественный опыт в целях импортозамещения. — Казань: ООО «Бук», 2024. — 214 с.
4. Шмалько Н. А., Росляков Ю. Ф. Амарант в пищевой промышленности. — Краснодар: Просвещение-Юг, 2011. — 489 с.
5. Гинс М. С. Культура амаранта (род *Amaranthus* L.) как источник амарантина: его функциональная роль, биологическая активность и механизмы действия: специальность 03.00.12: диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук / Гинс Мурат Сабирович. — Санкт-Петербург, 2003. — 328 с.
6. Перспективное использование листовой части местных гибридных популяций амаранта / Н. С. Ружило, А. А. Юферова, К. А. Красковская, Т. Н. Слуцкая // Пиво и напитки, 2014. — № 3. — С. 22–26.
7. Идентификация метаболитов с антиоксидантными свойствами в листьях овощного амаранта (*Amaranthus tricolor* L.) / М. С. Гинс, В. К. Гинс, С. М. Мотылева, И. М. Куликов, С. М. Медведев, В. Ф. Пивоваров, М. Е. Мертвицева // Сельскохозяйственная биология, 2017. — Т. 52. № 5. — С. 1030–1040. doi: 10.15389/agrobiology.2017.5.1030rus

8. Амарант сорта «Валентина» — перспективный сырьевой ресурс для напитков здоровья / Г.Л. Филонова, О.А. Соболева, Т.А. Головина, П.Ф. Кононков, В.К. Гинс, М.С. Гинс // Пиво и напитки, 2015.— № 4.— С. 10–14.

## Преимущества и недостатки композитной арматуры

Андреев Петр Андреевич, студент

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Учебное пособие «Технология производства основных процессов на строительных объектах» определяет композитную арматуру как «неметаллические стержни из стеклянных, базальтовых, углеродных или арамидных волокон, которые потом пропитываются отвержденным термореактивным или термопластичным полимерным связующим. Арматуру, изготовленную из стеклянных волокон, принято называть стеклопластиковой (АСП), из базальтовых волокон — базальтопластиковой (АБП), из углеродных волокон — углепластиковой. Для сцепления с бетоном на поверхности композитной арматуры в процессе производства формируются специальные рёбра или наносится покрытие из песка» [1].

Данный же источник описывает, что «основным сырьем, используемым для производства композитной арматуры, является стекловолокно, получаемый из алюмоборосиликатного стекла путем нагрева и последующего вытяжения в нити. Кроме ровинга для производства неметаллической арматуры используют смолы, отвердители, катализаторы полимеризации». [1]

Можно выделить следующие этапы создания арматуры:

- компоновка ровинга и его пропитка связующим веществом в специальных ваннах;
- формирование стержня необходимого диаметра в фильерах;
- создание рельефа из стекловолоконного шнура при помощи обмотчика;
- полимеризация арматуры в туннельной печи;
- охлаждение арматуры в проточной воде.

Сайт производителя композитных материалов «Алюр» описывает следующую «распространенную маркировку композитной арматуры в зависимости от способа её производства из определённого сырья:

- АУП (углепластиковая) или АУК (углекомпонитная) из углеводородного волокна (дороже других композитных аналогов; пользуется наименьшим спросом и популярностью);
- АСП (стеклопластиковая) или АСК (стеклокомпонитная) из смеси смол и стекловолокна со спиралевидным поперечным рифлением;
- АБП (базальтопластиковая) или АБК (базальтокомпонитная) из смеси смол и базальтовых волокон с продольным рифлением;
- АКК (комбинированная композитная) — стержни из стекловолокна, с внешней намоткой из базальтопластика;

— АСПЭТ — стеклоармированная полиэтиленрефталатовая из термопластичного полимера и стекловолокон с поперечным рифлением» [2].

Опытно-конструкторские разработки по применению композитных материалов в промышленности, строительстве начинаются в 1950х годах. Одними из первых отраслей, обративших внимание на инновационный материал, стали аэрокосмическая и оборонная. Активные опытно-конструкторские разработки быстро были заимствованы и отраслями, ориентированными на потребительский спрос домохозяйств; композитные материалы начинают использоваться для изготовления клюшек для игры в гольф, удочек, прочих товаров народного потребления. Уже в 60-годах композитные материалы начинают рассматриваться в качестве арматуры в строительстве; новый материал обращает на себя внимание и в Советском союзе.

### Преимущества композитной арматуры

— удельная прочность.

Низкая плотность материала определяет его заметное преимущественное соотношение прочности к массе по сравнению со стальной арматурой. Удельная прочность композитной арматуры на порядок выше удельной прочности стальной арматуры. Бетонные конструкции, изготовленные с использованием данного типа арматуры, будут обладать меньшим весом, что в ряде случаев может иметь важное значение. Низкий вес при сохранении высокой прочности дает преимущества в доставке, погрузке-разгрузке, складировании, монтаже (особенно удобно при малом строительстве, где применение строительной техники экономически менее выгодно);

— коррозионная стойкость.

Композитная арматура более устойчива к воздействию агрессивных сред. Это является большим преимуществом для конструкций, подверженных прямому воздействию воды (особенно морской), химикатов, атмосферных осадков и других агрессивных веществ (особенно часто встречающихся в дорожном, сельском, коммунальном хозяйствах);

— низкая теплопроводность.

Незначительно, но повышает теплоизоляционные свойства бетона. Не образует мостиков холода, что может заметно упростить проектирование и монтаж на объекте;

— диэлектрик.

Не создает радиопомехи, магнитные поля. В определенных областях народного хозяйства может быть незаменимым свойством;

— удобство в транспортировке.

Малый вес, возможность перевозки в бухтах обуславливают большие преимущества в логистике. Особенно востребовано данное преимущество может быть в небольшом строительстве, где использование техники экономически нецелесообразно;

— экологичность материала.

Композитная арматура в составе изделий не наносит вред окружающей среде (отсутствуют вредные выделения, не разлагается). Не накапливает вредные вещества;

— температурный коэффициент расширения как у бетона.

При изменении температуры конструкции бетон и композитная арматура расширяются и сжимаются в сходных пропорциях, что снижает риск возникновения трещин и разрушения изделий.

### Недостатки композитной арматуры

— низкая жёсткость

Онлайн журнал «Стильный интерьер» в статье «Арматура композитная» от 21.12.2019 приводит следующую информацию: «Модуль упругости композитной арматуры в 4 раза меньше, чем у стальной арматуры (45 ГПа у АСП против 200 ГПа у АШ). Низкая жесткость композитной арматуры не позволяет реализовать ее высокий прочностной потенциал при армировании бетона. Согласно п. 6.1.14 свода правил СП 63.13330.2012 предельная деформация бетона при работе на растяжение составляет около  $\varepsilon \approx 0,0002$ . При такой деформации напряжение в АСП по закону Гука составит  $45 \text{ ГПа} \cdot 0,0002 = 9 \text{ МПа}$ , что составляет около 1% от прочности АСП на разрыв. При сравнительном нагружении бетона, армированного композитной арматурой и бетона, армированного стальной арматурой, при одинаковых деформациях армированного бетона по закону Гука напряжение в композитной арматуре будет в 4 раза меньше, чем в стальной арматуре. В связи с этим для придания бетону той же прочности коэффициент армирования (соотношение площадей арматуры и бетона) для композитной арматуры должен быть в 4 раза выше, чем для стальной арматуры. Низкая жесткость некоторых видов композитной арматуры резко ограничивает её применение в строительстве» [3];

Литература:

1. Г. В. Дегтярев, О. Г. Дегтярева, Н. В. Коженко Учебное пособие «Технология производства основных процессов на строительных объектах». — ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», 2018
2. Сайт завода Алюр, <https://armaturacomposit.ru/articles/vidy-kompozitnoj-armatury/>
3. Онлайн журнал «Стильный интерьер», статья «Арматура композитная», 21.12.2019 г. <https://si-3.ru/armatura-kompozitnaya/>

— сложность в монтаже.

Композитную арматуру невозможно согнуть без нагрева. Также пруты арматуры не могут быть сварены между собой классическим сварочным аппаратом. Это обуславливает трудности при монтаже арматурных каркасов;

— низкая теплостойкость.

Свойства композитной арматуры сильно зависят от температуры. Онлайн журнал «Стильный интерьер» в статье «Арматура композитная» от 21.12.2019 г. приводит следующие данные: «АСП теряет несущие свойства при 150°C, АБП — при 300°C (стальная арматура работает до 500°C); Показатель прочности АСП изменяется пропорционально изменению температуры: при понижении температуры до -40 градусов по Цельсию прочность стеклопластиковой арматуры увеличивает приблизительно на 40%. При увеличении температуры свыше +20 градусов по Цельсию (вплоть до +300) прочность АСП постепенно уменьшается на 60%. Изменение характеристик прочности АСП, происходящие вследствие колебания температур в пределах -40...+300 градусов Цельсия, являются обратимыми» [3]. Данное свойство заметно усложняет расчеты проектировщиков, удорожает последующие проектные решения. Особенно при последующей эксплуатации конструкций в условиях сильных колебаний температур.

— высокая вредность.

При разрезании арматуры на объекте образуются пыль, тонкие стеклянные иглы, которые загрязняют рабочее место, могут нанести травму, в том числе дыхательным путям. Это удорожает мероприятия по обеспечению комфортных, нормативных условий труда.

Композитная арматура, наряду с заметными недостатками, имеет и существенные преимущества. Легкость в доставке: малый вес, возможность скрутить в бухту, что позволяет даже одному человеку доставить арматуру на объект на личном транспорте, легкость в монтаже (в том числе не предполагает сварки) — определили ее массовое использование в частном домостроении. Коррозионная стойкость дает большие плюсы в придорожном, сельскохозяйственном строительстве.

На сегодняшний день композитная арматура все чаще воспринимается не как конкурент металлической, а как ее замена в тех областях, в которых она имеет явные преимущества. Технологии строительства с использованием композитной арматуры получают все большее распространение, выгодно используя ее преимущества.

## Теория принятия решений в энергетике

Батуев Максим Витальевич, студент магистратуры

Научный руководитель: Халин Михаил Васильевич, доктор технических наук, профессор

Алтайский государственный технический университет имени И. И. Ползунова (г. Барнаул)

*В статье автор исследует управление спросом на использование электроэнергии.*

**Ключевые слова:** электроэнергия, спрос, теория принятия решения.

Теория принятия решения (ТПР) является важным инструментом для понимания и моделирования процессов принятия решений в различных областях, в том числе в энергетике и электричестве. В данной статье мы рассмотрим, как ТПР может применяться для анализа и оптимизации решений, связанных с энергетическими системами и электроснабжением.

ТПР представляет собой подход к изучению процессов принятия решений, который основывается на предположении, что индивиды или организации стремятся достичь определенных целей, максимизируя полезность или минимизируя затраты (Кейтс и Джой, 2013). В контексте энергетике и электричества, ТПР может быть использована для моделирования решений, связанных с выбором источников энергии, управлением нагрузкой, планированием инфраструктуры и т.д.

Одним из ключевых аспектов ТПР является учет неопределенности и рисков, связанных с принятием решений. В энергетической отрасли, неопределенность может возникать из-за колебаний цен на энергоносители, изменений спроса на электроэнергию, технических сбоев и других факторов. ТПР предлагает методы для оценки и управления рисками, позволяя принимать обоснованные решения в условиях неопределенности (Хау, 2006).

Применение ТПР в энергетике и электричестве может быть продемонстрировано на примере выбора источника энергии для нового промышленного предприятия. Предприятие должно принять решение о том, использовать ли традиционные источники энергии, такие как газ или уголь, или возобновляемые источники, такие как солнечная или ветровая энергия. При принятии решения предприятие должно учитывать множество факторов, таких как стоимость энергии, доступность источников, экологические аспекты, риски и т.д.

ТПР может быть использована для моделирования этого процесса принятия решения, определив цель предприятия (например, минимизация затрат на энергию), идентифицировав альтернативные источники энергии и оценив их полезность в соответствии с заданными критериями. Затем, предприятие может использовать методы ТПР, такие как анализ Sensitiv

Одним из важных аспектов ТПР в энергетике является управление спросом на электроэнергию. Электроснабжение является критически важной услугой, и стабильность электрической сети зависит от баланса между предложением и спросом электроэнергии. В условиях бы-

строго роста возобновляемых источников энергии, таких как ветровая и солнечная энергия, управление спросом становится все более важным, так как эти источники энергии зависят от погодных условий и могут приводить к колебаниям в предложении электроэнергии.

ТПР может быть использована для моделирования поведения потребителей электроэнергии и разработки программ управления спросом. Например, программы управления спросом могут стимулировать потребителей снизить потребление электроэнергии в пиковые часы, когда спрос на электроэнергию максимален. В качестве стимула может использоваться снижение тарифов на электроэнергию для потребителей, которые соглашаются участвовать в программе.

Одним из примеров успешного применения ТПР в управлении спросом на электроэнергию является программа «Пейдж+», разработанная в Соединенных Штатах. Программа «Пейдж+» использует автоматизированные системы для отправки сообщений потребителям, которые согласились участвовать в программе, когда спрос на электроэнергию превышает заданный порог. Получая сообщение, потребители могут принять меры для снизить потребление электроэнергии, например, отключить ненужные приборы или отложить использование электронагревательных приборов. В результате программы «Пейдж+» удалось снизить пиковое потребление электроэнергии на 10–15% в пиковые часы, что способствовало стабильности электрической сети и предотвратило необходимость строительства дополнительных электростанций (Brown et al., 2011).

Еще один пример применения ТПР в энергетике и электричестве — это планирование развития инфраструктуры. Например, при строительстве новых линий электропередач или электростанций необходимо учитывать множество факторов, таких как доступность ресурсов, экологические аспекты, экономическая целесообразность и т.д.

ТПР может быть использована для моделирования различных сценариев развития инфраструктуры и оценки их полезности в соответствии с заданными критериями.

Например, при планировании строительства новой электростанции, ТПР может быть использована для моделирования различных сценариев, таких как использование различных источников энергии, расположение электростанции, мощность электростанции и т.д. Затем, эти сценарии могут быть оценены в соответствии с заданными критериями, такими как минимизация затрат, ми-

нимизация воздействия на окружающую среду, максимизация надежности электроснабжения и т.д. В результате, можно принять обоснованное решение о том, какой сценарий является наиболее целесообразным.

В заключение, теория принятия решения является мощным инструментом для моделирования и анализа процессов принятия решений в области энергетики и электричества. ТПП может быть использована для

управления спросом на электроэнергию, планирования развития инфраструктуры, выбора источников энергии и многих других задач, связанных с энергетикой и электричеством. Применение ТПП позволяет принимать обоснованные решения в условиях неопределенности и учитывать множество факторов, таких как экономическая целесообразность, экологические аспекты, надежность электроснабжения и т.д.

#### Литература:

1. Ahsan, R. K. Load forecasting, dynamic pricing and DSM in smart grid: A review / R. K. Ahsan, Mahmood Anzar. // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2015. — С. 117.
2. Ralph, L. K. Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-Offs / L. K. Ralph. // Transactions on Systems Man and Cybernetics. — 1979. — С. 403.
3. Yacov, Y. H. Risk Modeling, Assessment, and Management / Y. H. Yacov. — 1-е изд., 2004. — 837 с.

## Гальваническая изоляция в современных промышленных системах

Бояршинов Павел Олегович, начальник сектора;  
Зотов Денис Александрович, инженер-конструктор второй категории  
АО «Научно-производственное предприятие «Рубин» (г. Пенза)

*В статье приводится описание основных видов изоляции и типовых задач, для решения которых необходимо использовать гальваническое разделение электрических цепей, рассматриваются плюсы и минусы различных технологий изоляции. Сделан вывод о необходимости всестороннего анализа при выборе того или иного вида изолятора при проектировании современных промышленных систем автоматизации.*

**Ключевые слова:** гальваническая изоляция, оптопары, индуктивные (трансформаторные) изоляторы, цифровые изоляторы.

Широкое внедрение средств автоматизации в современной промышленности подразумевает все более разветвленное и сложное взаимодействие измерительных, управляющих и силовых приборов в рамках различных технологических процессов. Как следствие, вопрос об уменьшении негативного влияния множества компонентов системы друг на друга представляется особенно актуальным.

Гальваническая изоляция средств автоматизации, как по питанию, так и по сигнальным линиям является одним из способов повышения общей устойчивости системы. Рассмотрим, что такое гальваническая изоляция, подробнее.

На рисунке 1 показаны приборы и их взаимодействие без гальванической изоляции. Приборы в такой системе гальванически связаны как по постоянному току (через электропитание), так и с помощью информационных (управляющих) сигналов переменного тока. В низковольтных системах такое соединение средств автоматизации является безопасным. Но при появлении высокого напряжения в одной или нескольких частях системы гальваническая связь между приборами становится потенциально опасной.

Наличие высокого напряжения может вызвать существенную разницу потенциалов между различными частями системы, что в свою очередь приведет к появ-

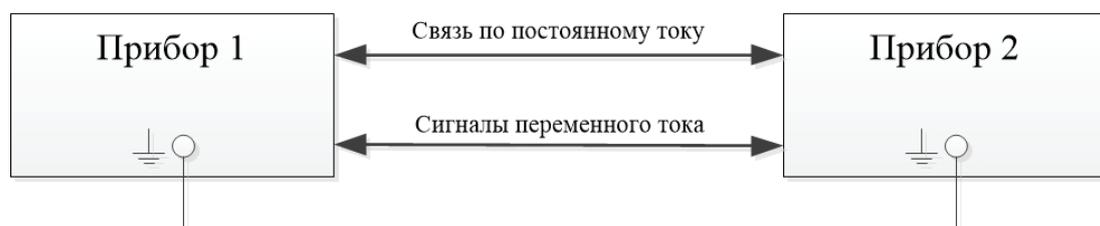


Рис. 1. Взаимодействие приборов без гальванической изоляции

лению опасных для жизни оператора постоянных токов или к возникновению нежелательных переменных токов. Ясно, что в этом случае нужна гальваническая изоляция.

Гальваническая изоляция — это разделение общей электрической системы на ряд независимых друг от друга

контуров протекания тока. Она предназначена для предотвращения свободного течения постоянного и нежелательного переменного токов между различными частями системы при сохранении возможности передачи информации и энергии между приборами. Данная ситуация отражена на рисунке 2.



Рис. 2. Взаимодействие приборов с гальванической изоляцией

Как было сказано выше, одной из главных причин необходимости использования гальванической изоляции в современных промышленных системах автоматизации служит обеспечение должного уровня безопасности обслуживающего персонала от повреждения электрическим током. Также изоляция нужна для защиты чувствительных узлов дорогостоящего оборудования от высоковольтных помех, возникающих, например, при переходных процессах во время пуска или остановки мощных потребителей электроэнергии.

Следующим важным фактором, обуславливающим применение гальванической изоляции, является наличие земляных петель в сложных системах, имеющих, как правило, большую протяженность кабельных линий. В таких распределенных по большой площади средствах автоматизации земляные потенциалы каждого из приборов могут различаться. Вследствие падения напряжения на длинных земляных проводах между приборами возникает паразитная связь с протеканием нежелательных токов.

Типичным примером, для которого важно равенство земляных потенциалов между приборами, является широко распространенный промышленный интерфейс RS-485. В данном интерфейсе определены физические

уровни сигналов: минус 7В и плюс 12В. Оба этих уровня должны отсчитываться от общей земли. Однако в случае неравенства земляных потенциалов между приборами возможно нарушение целостности и достоверности передачи данных, что, очевидно, является недопустимым.

Также наличие земляных петель уменьшает помехозащищенность системы в целом, так как эти петли фактически являются антеннами для улавливания шумов и помех, например, от сети 50 Гц или от мощных импульсных переходных процессов, возникающих при работе сложной промышленной системы автоматизации. Для предотвращения негативного влияния данных процессов широко используются гальванические изоляторы с высоким коэффициентом подавления синфазных помех.

В целом изоляторы можно поделить на два больших класса: аналоговые и цифровые, каждый из которых представлен различными технологиями, имеющими свои плюсы и минусы. Классы изоляторов изображены на рисунке 3.

Так, к примеру, для изоляции аналоговых сигналов с различных датчиков или измерительных токовых шунтов применяются изолированные усилители и изолированные АЦП (аналого-цифровые преобразователи).

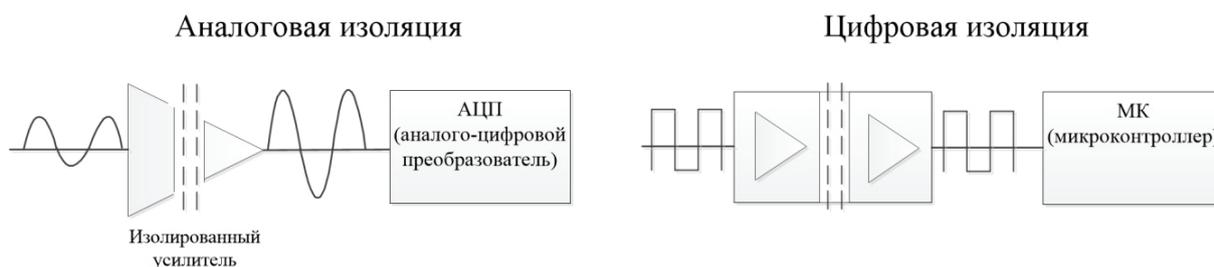


Рис. 3. Аналоговые и цифровые изоляторы

Первые используются в системах с меньшими требованиями по точности. В случае же необходимости обеспечения повышенной точности выбор часто делается в пользу изолированных АЦП, в которых сигнал оцифровывается напрямую и тем самым исключаются ошибки, вызванные изолированным усилителем.

Цифровые изоляторы служат для изоляции либо дискретных сигналов (скажем, сигналов с концевых выключателей), либо различных интерфейсов связи между цифровыми устройствами, например, RS-485, I2C, CAN и так далее.

В промышленности применяются изоляторы, основанные на нескольких физических принципах работы: оптические, емкостные и индуктивные. Каждая технология использует диэлектрики с различной электрической прочностью, обуславливающей верхний порог пробойного напряжения, при превышении которого изолятор выходит из строя. Очевидно, что чем выше электрическая прочность диэлектрика, тем надежнее будет изолятор, и тем шире его потенциальное применение в ответственных участках системы.

Изоляторы, построенные на оптическом принципе — оптопары — состоят из входного излучающего диода, фотоприемника и выходного каскада. В качестве изоляционного барьера обычно служит воздух, смола или различные компаунды. Напряжение изоляции может достигать порядка 1...1,5 кВ, а максимальная частота обработки данных — от десятков кГц до десятков МГц. Существуют также и более быстрые оптоизоляторы, например, в высокоскоростных сетях Ethernet, но данная технология требует дорогостоящих излучателей и приемников.

Поскольку со временем происходит деградация фотодиодов (уменьшается коэффициент передачи по току), то в долгосрочной перспективе может пострадать целостность информационного обмена, что необходимо учитывать при проектировании систем, рассчитанных на длительный срок эксплуатации.

Индуктивные изоляторы используют высокочастотные трансформаторы, где в качестве диэлектрика служит полиимид. Данный тип трансформаторной развязки обладает более высокой скоростью передачи данных, повышенной электрической прочностью (до 2,5 кВ) и долговечностью по сравнению с оптоизоляторами.

Наконец, емкостные изоляторы, использующие в качестве диэлектрика диоксид кремния, являются на сегодняшний момент самыми высоковольтными (с напряже-

нием изоляции до 5...6 кВ), скоростными и надежными среди рассмотренных выше типов изоляторов. Емкостные изоляторы используются для передачи цифровых сигналов. Передача данных через гальванический барьер осуществляется с помощью высокочастотной несущей, которую модулируют цифровые данные.

Часто производители емкостных цифровых изоляторов в дополнение к информационному каналу передачи данных включают в корпус микросхемы изолированный источник питания для приемника и передатчика. Данное техническое решение ведет к двум основным преимуществам.

Первое — уменьшается занимаемая изолятором и его обвязкой площадь на печатной плате, что в условиях постоянной миниатюризации устройств приобретает все большую актуальность. Второе — наличие двух гальванически развязанных источников питания позволяет избежать образование земляных петель, а также коммутировать части системы с различным уровнем напряжения, например, 1,8В и 3,3В.

Для повышения надежности передачи данных для цифровых изоляторов вводятся устойчивые логические состояния (логического нуля или единицы) в отсутствие входного сигнала или наступлении нештатной ситуации, например, просадки напряжения. А совершенствование схем модуляции передаваемых через гальванический барьер данных служит дальнейшему повышению надежности данного типа изоляторов.

Очевидно, что выбор подходящего типа изолятора определяется требованиями, предъявляемыми к проектируемой системе автоматизации, которые в свою очередь могут меняться в различных отраслях промышленности и регионах. Проектирование системы в части гальванической изоляции следует начинать с анализа международных, региональных и отраслевых стандартов. Обычно требования таких стандартов самые высокие. Затем необходимо проанализировать стандарты на компонентном уровне. В технической документации на изоляторы производители подробно указывают допустимые уровни напряжения и стойкость к воздействию помех.

Как правило, в сложных многоуровневых системах используются несколько видов изоляторов, каждый из которых на своем уровне оптимальным образом удовлетворяет требованиям по надежности, а также техническим и экономическим требованиям.

#### Литература:

1. Герасимов, О.Н. Способ организации производственного контроля и диагностики РЭС с заданным уровнем остаточного ресурса / О.Н. Герасимов, А.В. Затылкин, Н.К. Юрков // Надежность и качество сложных систем. 2016. № 1 (13). С. 94–98.
2. Ембулаев, А.С. Структура интеллектуальной информационно-измерительной системы тестового контроля средств жизнеобеспечения машин управления специального назначения / А.С. Ембулаев, А.В. Затылкин, Д.А. Голушко // Современные проблемы теории машин. — Санкт-Петербург: НИЦ МС, 2021. — № 12. — 29–32 с.
3. Основы теории надежности электронных средств / Н.К. Юрков, А.В. Затылкин, С.Н. Полесский, И.А. Иванов, А.В. Лысенко // Пенза: Изд-во ПГУ, 2013–100 с.

## Воздушная навигация в Арктике и районах Крайнего Севера

Жумагалиев Али Кайратович, курсант;

Новокрещенных Александр Васильевич, курсант

Научный руководитель: Ванин Владимир Николаевич, доцент

Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», филиал в г. Челябинске

*Данная статья обсуждает сложность и особенности навигации в Арктике. Рассматриваются различные факторы, влияющие на летчика во время перелетов в Арктике, предложены рекомендации направленные на обеспечение безопасности воздушного движения и предотвращение возможных инцидентов. Особое внимание уделяется профессиональной подготовке летного состава, органов обслуживания воздушного движения и навигационных систем.*

**Ключевые слова:** аэродром, Арктика, навигация, авиация.

## Air navigation in the Arctic and the Far North

Zhumagaliev Ali Kairatovich, the cadet;

Novokreshchennykh Aleksandr Vasilevich, the cadet

Scientific advisor: Vanin Vladimir Nikolaevich, docent

The Military Educational and Scientific Center of the Air Force «Military Air Academy», a branch in Chelyabinsk

Для авиационных систем опасными факторами могут служить факторы среды, способные привести к возникновению особых ситуаций в полете и стать причиной авиационных происшествий. Полеты в Арктике, безусловно, повышают риски возникновения условий, влияющих на безопасность полетов.

### Воздушная навигация в Арктической местности

Воздушная навигация в Арктической местности представляет собой уникальную и сложную задачу, требующую от пилотов высокой квалификации, точности и глубокого понимания особенностей специфических условий для полетов, которые значительно отличаются от тех, что наблюдаются от Южного полярного круга до Северного полярного круга. В этой статье рассмотрим основные аспекты воздушной навигации в Арктике, технологии и рекомендации для пилотов.

Отметим, что Арктикой называется область земного шара от Северного полярного круга (широтой 66°33') до Северного географического полюса. Арктика занимает площадь 25 млн кв. км, три пятых которой являются водным пространством, большей частью покрытым льдами в течение всего года.

Специфика физико-географических, навигационных и метеорологических условий этого района обуславливает ряд особенностей в применении средств воздушной навигации.

Полеты в Арктике характеризуются:

- сложностью и изменчивостью метеобстановки;
- сложными условиями ведения визуальной и радиолокационной ориентировки;
- наличием непрерывных продолжительных дня и ночи и непрерывных продолжительных сумерек;

- преобладанием низких средних температур;
- помехами в работе радиотехнических средств;
- неустойчивой работы магнитных курсовых приборов;
- недостаточным развитием сети наземных средств связи и радиотехнического обеспечения полетов;
- наличием приземных инверсий, ледяных игл, ухудшающих видимость и искажающих при посадке конфигурацию ВПП и других объектов.

Для Арктики характерны внезапная перемена погоды в прибрежных районах, резкое изменение направления и скорости ветра, частое изменение высоты и характера облачности, неожиданное натекание тумана с моря на побережье летом, частые сильные бури и поземки зимой.

Трудность ведения визуальной ориентировки как зимой, так и летом объясняется малым количеством искусственных ориентиров, а также однообразием местности. Зимой — это слабо освещенная снежная пустыня, а летом — это район, покрытый большим количеством безымянных малых рек и озер. Крупные населенные пункты здесь встречаются редко, главным образом по берегам больших рек и на побережье морей. Побережье Арктики изрезано множеством заливов и бухт, число которых в значительной степени меняется в зависимости от времени года.

Основными способами ориентировки в Арктике являются инструментальные — с помощью бортовых панорамных радиолокационных станций, радиотехнических систем, автоматических средств счисления пути, астрономических средств.

При полетах в Арктике широко используются бортовые панорамные радиолокационные станции. Они применяются для определения места ЛА, угла сноса, путевой скорости, истинной высоты полета, коррекции координат.

Применение в полярном районе радиотехнических систем, работающих на коротких и средних волнах, ограни-

чено условиями распространения радиоволн. Во время магнитных бурь и полярных сияний наблюдаются случаи непроходимости радиоволн в течение нескольких суток. Кроме того, в Арктике наземные средства РТС располагаются на значительном удалении друг от друга. Поэтому маршрутные полеты над сушей и особенно над морем выполняются часто вне зоны действия радиотехнических систем. На точность пеленгования, особенно при полетах вблизи береговой черты, оказывает влияние «береговой эффект».

Широкое применение в Арктике нашли веерные радиомаяки типа ВРМ-5, «Консол», наземные средневолновые и УКВ-радиопеленгаторы, радиотехнические системы дальней навигации. Коротковолновые радиопеленгаторы из-за плохих условий прохождения радиоволн почти не используются. Надежная дальность действия средневолновых радиопеленгаторов составляет 1200–1500 км над водой (льдами), а при полетах ночью в условиях интенсивного полярного сияния — 500–600 км. Над сушей дальность действия этих радиопеленгаторов колеблется в пределах 300–400 км. Точность определения радиопеленга составляет 2°. Однако эта ошибка возрастает до 4–6° в сумерки из-за влияния «ночного эффекта».

Ультракотковолновые радиопеленгаторы применяются в Арктике для привода самолета на аэродром посадки, управления им в районе аэродрома в сложных метеоусловиях, а также для контроля пути вблизи побережья. Точность определения пеленгов УКВ-радиопеленгаторами не зависит от состояния ионосферы, тропосферы и магнитного поля Земли. Их дальность действия определяется прямой видимостью. Ошибка в определении пеленга составляет +3°.

Магнитное поле Земли в высоких широтах и географическое положение Арктики обуславливают ряд особенностей в применении курсовых приборов. Из-за малой величины горизонтальной составляющей магнитного поля Земли магнитные курсовые приборы работают неустойчиво, в результате чего применение магнитного компаса усложняется. Трудности в применении магнитного компаса также связаны со значительным изменением девиации, с увеличением ошибок, вызываемых ускорениями ЛА и магнитными бурями, с резким изменением магнитного склонения и других элементов земного магнетизма на сравнительно небольших расстояниях. Поэтому магнитный компас в высоких широтах необходимо применять только в режиме горизонтального полета с постоянной скоростью, контролируя его показания по астрономическому компасу.

Девиационные работы перед полетами в Арктике следует выполнять не в средних широтах, а на арктическом аэродроме базирования. В районах, примыкающих к географическому и магнитному полюсам, использование магнитных курсовых приборов практически не представляется возможным. При видимости небесных светил основным прибором для определения и выдерживания курса является астрокомпас, применяемый в сочетании с гирополукомпасом.

Гирополукомпас является основным курсовым прибором, позволяющим в течение всего полета сохранять и выдерживать заданное направление. Первоначальная выставка условного направления выполняется по магнитному или астрономическому компасу. При выдерживании заданного условного курса необходимо через 45–60 мин полета выполнять коррекцию гирополукомпаса, а через 6–8° изменения широты на его пульте управления уточнять установку широты.

Для выдерживания направления полета в качестве условного меридиана иногда используют средний истинный меридиан всего маршрута или истинный меридиан отдельного его участка, истинный меридиан ИПМ, положительное направление главной ортодромии. Выбор системы условных меридианов производится в соответствии с характером задания, курсовыми приборами, установленными на ЛА, навигационной и тактической обстановкой.

При дальних полетах через территорию Арктики используется, как правило, единая ортодромическая система координат, построенная для данного маршрута. Для определения и выдерживания курса с помощью астрокомпаса используется этапно-ортодромическая система координат.

В соответствии с ФАППП ГА подготовка к полету в Арктике проводится по общим правилам с учетом навигационных условий этого района земного шара. Воздушные суда, предназначенные для полетов в Арктике, должны быть оснащены специальным оборудованием для выполнения таких полетов. К выполнению полетов допускаются экипажи, прошедшие специальную подготовку по соответствующим программам подготовки летного состава. Личный состав подбирается с расчетом включения в экипажи части летного состава, ранее выполнявшего аналогичные полеты.

Кроме того, дополнительно экипаж обязан:

- проверить наличие неприкосновенного запаса продуктов питания по установленной норме;
- удостовериться в комплектности и исправности экипировки и специального снаряжения;
- уточнить по материалам аэролоций и аэрографическим описаниям правильность полетных карт района полетов и при необходимости внести в них поправки;
- опросить экипажи, имеющие опыт полетов в Арктике;
- тщательно подготовить астрономические средства навигации, необходимые пособия для астрономических определений;
- изучить характер и данные работы средств РТО, порядок их использования по этапам, особенности работы их вблизи магнитных полюсов и точность навигационных определений с помощью выбранных для полета средств;
- тщательно изучить метеорологические условия и особенности погоды на данный период года, а также признаки изменения погоды в данном районе (пурга, прибрежные туманы, высота тропопаузы, большие положительные отклонения температуры воздуха от стандартной и т.д.);
- изучить запасные аэродромы и участки местности, пригодные для вынужденной посадки в данное время года;

- изучить систему, взаимное расположение и видимость ориентиров по маршруту с учетом времени года;
- разработать план полета, предусмотрев в нем комплексное использование всех средств воздушной навигации.

При выполнении инженерно-штурманского расчета исходить из того, что запас горючего должен обеспечить выход на ближайший аэродром из любой точки маршрута.

Общие правила и порядок воздушной навигации в Арктике остаются такими же, как и в средних широтах.

Коррекция численных координат при использовании комплексных навигационных систем в определенных условиях может выполняться с помощью бортовой радиолокационной станции при использовании метода «радиолокационной цепочки».

Цепочка может состоять из четырех — восьми ориентиров, что обеспечивает коррекцию координат на протяжении 800–1200 км. Точность определения места ЛА в конце цепочки характеризуется средней квадратической ошибкой 1,6–1,8% от длины маршрута.

Литература:

1. Зубков Б. В. «Авиационная Безопасность» Москва. 2020 г.
2. Жаренков Л. А. «Воздушная навигация в различных условиях полета». Москва. 1993 г.
3. Федеральные авиационные правила производства полетов в государственной авиации. Утверждены приказом МО РФ № 275 от 2004 г.

Выход на ледовый аэродром выполняется с помощью радиокompаса полетом на приводную или связную аэродромную радиостанцию, на которой по запросу экипажа замыкается телеграфный ключ.

Контроль за выдерживанием направления полета в этом случае осуществляется по гиropолукомпасу, астрокомпасу или магнитному компасу (в зоне его устойчивой работы).

### Заключение

Воздушная навигация в Арктике требует от пилотов высокой степени профессионализма и подготовки. Учитывая все вызовы, которые могут возникнуть в процессе полета, использование современных технологий и тщательное планирование маршрута становятся ключевыми факторами для обеспечения безопасности и успешности полетов. Важно помнить, что Арктика — это серьезные испытания для авиации, которые требуют хорошего внимания и осознанного подхода.

## Исследование причин возникновения поперечной ребристости на одноклетьевом реверсивном стане холодной прокатки

Комаров Алексей Валерьевич, студент магистратуры

Высшая школа системного инжиниринга Московского физико-технического института (г. Долгопрудный)

Научный руководитель: Косов Александр Александрович, кандидат технических наук, директор технической дирекции ПАО «НЛМК» (г. Липецк)

Научный руководитель: Большиков Иван Георгиевич, начальник ремонтного управления ООО «ВИЗ-Сталь» (г. Екатеринбург)

Научный руководитель: Васильев Виталий Альбертович, кандидат технических наук, заместитель директора ООО НТЦ «Сигма» (г. Челябинск)

*Автоколебания при холодной прокатке тонких полос ограничивают скорость и качество прокатки. При толщине полос 200–300 мкм возникает поперечная ребристость. Исследованию причин возникновения поперечной ребристости на реверсивных, одноклетьевых станах холодной прокатки посвящена статья.*

**Ключевые слова:** холодная прокатка, автоколебания, поперечная ребристость, эксперимент.

### 1. Введение

Во время холодной прокатки тонких полос часто наблюдается возникновение автоколебаний, нежелательной механической вибрации иногда называемой чаттером. Автоколебания могут приводить к недопустимому изменению толщины полосы и дефектам поверхности, в редких случаях к разрыву полосы или даже серьезному повреждению прокатного стана [1–4].

Поперечная ребристость и полосы нагартовки относятся к числу поверхностных дефектов. Эти дефекты могут возникать непосредственно во время холодной прокатки полос, как на непрерывных многоклетьевых станах, так и на ре-

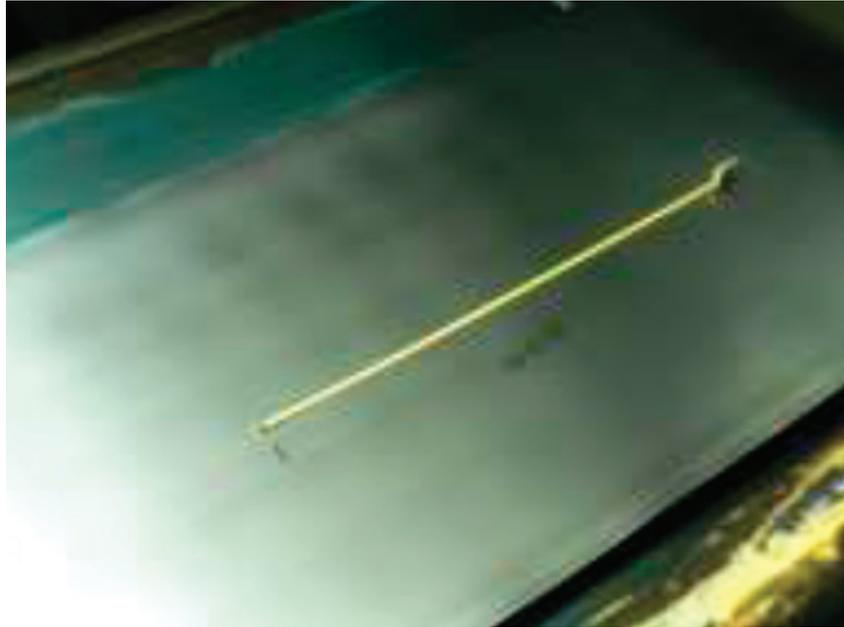


Рис. 1. Поперечная ребристость на тонкой полосе

версивных одноклетевых станах. При поперечной ребристости на поверхности полосы возникают параллельные, чередующиеся темные и светлые полосы, расположенные поперек направления прокатки [5, 6].

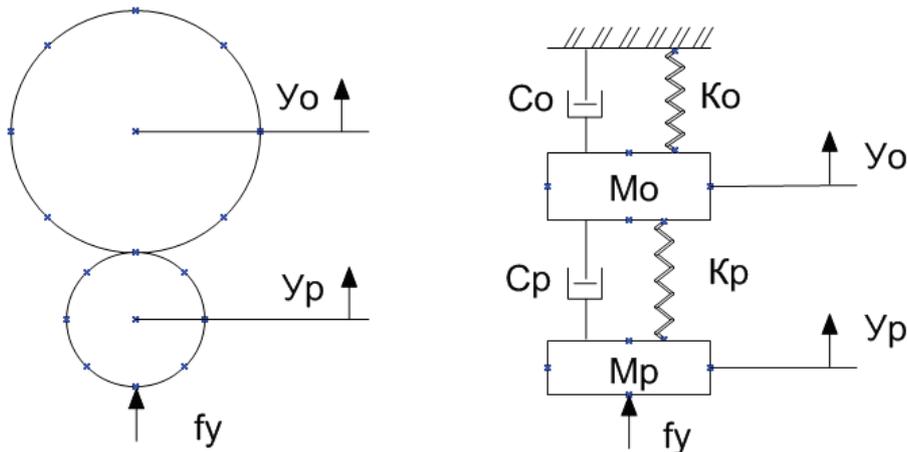
При поперечной ребристости шаг чередующихся полос (расстояние между соседними полосами одного и светового оттенка) составляет 60–80 мм, а разница толщин светлых и темных полос улавливается микрометром, т.е. она больше 1 мкм. Причем этот дефект обнаруживается визуально при прокатке.

Причиной возникновения автоколебаний является неустойчивое положение рабочих валков, обусловленное зазорами между подушками и опорными плоскостями окон станины или внутренними зазорами подшипников качения рабочих и опорных валков.

Технологический процесс, как правило, сопровождается колебаниями усилий прокатки и натяжений полосы под воздействием колебаний толщины и поперечного профиля подката, условий трения. Это вызывает колебания горизонтальных сил, действующих на рабочие валки и подушки. При неблагоприятном сочетании этих сил могут начаться автоколебания элементов клетки стана.

Вследствие этого могут начаться релаксационные автоколебания подушек рабочих валков. Частота колебаний зависит от величины зазора, определяющей время одного цикла реверсивного движения и энергию удара. Схематически механизм появления вибраций, приводящих к поперечной ребристости, приведен на рис. 2.

Клетки стана и прокатываемая полоса представляют собой нелинейную автоколебательную систему. Колебательное звено состоит из упругих клеток и связывающей их упругой полосой [7, 8].



Уравнение движения клеток стана представлено ниже [8]

$$\begin{cases} M_p \ddot{Y}_p + C_p (\dot{Y}_p - \dot{Y}_o) + K_p (Y_p - Y_o) = Sdf_p \\ M_o \ddot{Y}_o + C_o \dot{Y}_o + K_o Y_o = C_o (\dot{Y}_p - \dot{Y}_o) + K_p (Y_p - Y_o) \end{cases} \quad (1)$$

Здесь  $M_o$  — масса опорного валка,  $M_p$  — масса рабочего валка,  $C_p$  — демпфирование рабочего валка,  $C_o$  — демпфирование опорного валка,  $K_o$  — жесткость опорного валка,  $K_p$  — жесткость рабочего валка,  $S$  — ширина полосы.

Фрикционные модели автоколебаний на стане холодной прокатки приведены в работах [9, 10]. Получены экспериментальные характеристики трения, проведены подробные исследования частотных характеристик стана в различных режимах работы.

Экспериментальные исследования влияния уровня вибрации размотывателя на отклонение толщины прокатываемой полосы (поперечной ребристости) от нормы проводилось на одноклетьевом реверсивном стане для различных диаметров рабочих валков. При перевалках в течение суток диаметры рабочих валков формируются случайно в диапазоне от 290 до 260 мм. Диаметр определяется количеством перешлифовок при перевалках. В эксперименте участвовали рабочие валки с диаметрами: 283мм, 279мм, 262мм и 284мм, рис. 3. Для различных диаметров рабочих валков уровень вибрации на размотывателе различный. Условно уровни вибрации можно разбить на две зоны: 1 зона с уровнями виброскорости ниже 4,5 мм/с и зона 2, в которой уровни виброскорости достигают значений 15–20 мм/с, рис. 4. Максимальные уровни вибрации соответствуют диаметрам рабочих валков — 262мм, рис. 3.

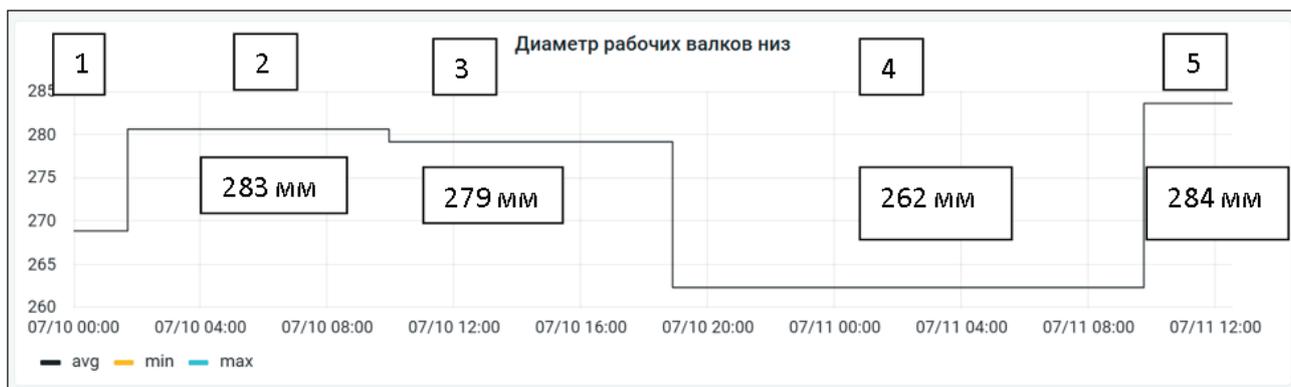


Рис. 3. Перевалка. Диаметры рабочих валков: 283 мм, 279 мм, 262 мм, 284 мм

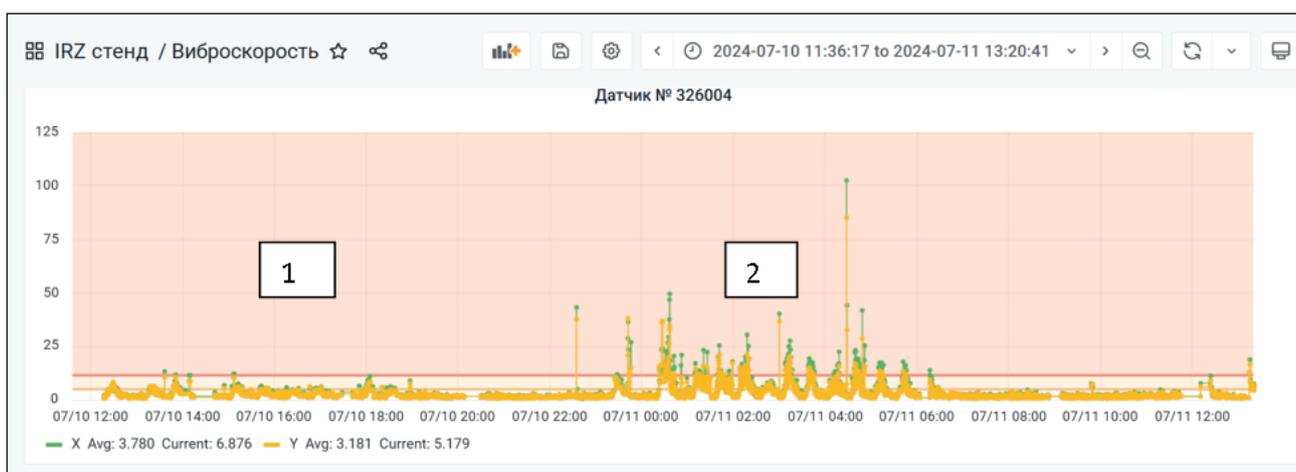


Рис. 4. Виброскорость размотывателя

В зоне «1» с низким уровнем вибрации отклонение толщины прокатываемой полосы при однопроходной прокатке находится в районе +/- 3–4 мкм, рис. 5.

С увеличением уровня вибрации отклонение толщины прокатываемой полосы растет. На рис. 6 приведены уровни отклонения толщины полосы при величине виброскорости выше 20 мм/с (зона «2»).

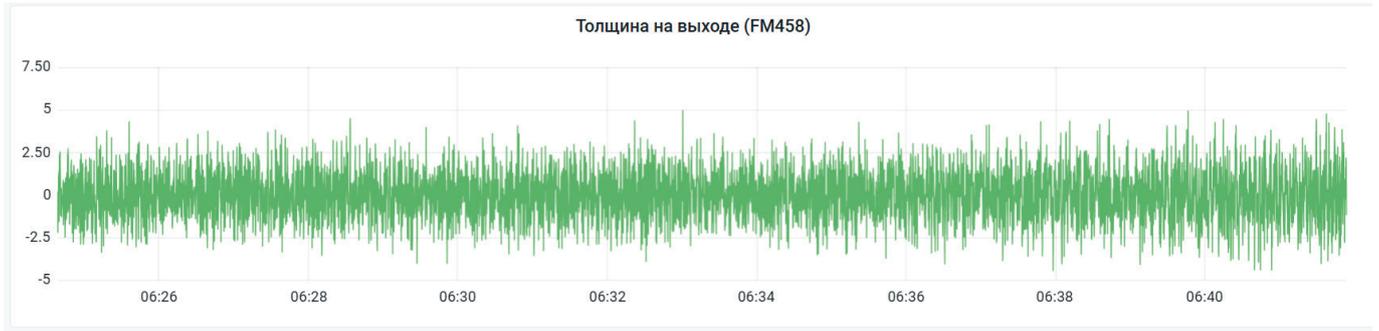


Рис. 5. Отклонение толщины прокатываемой полосы в зоне 1

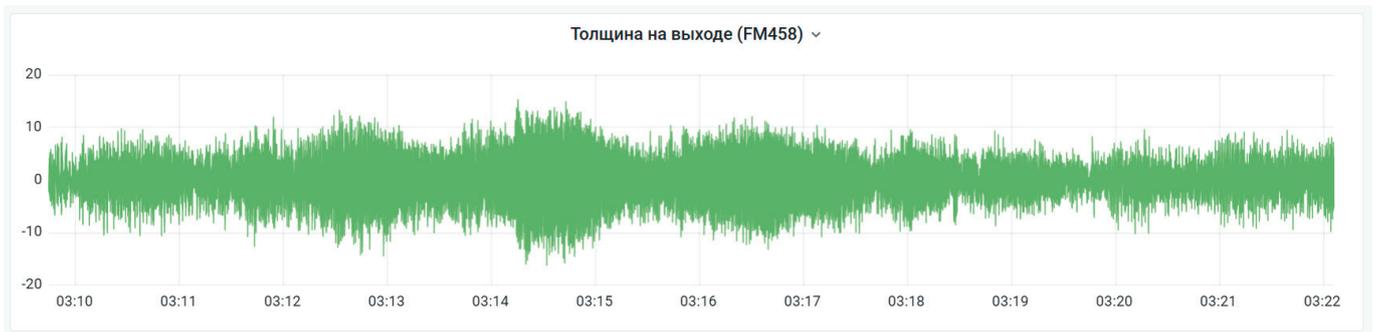


Рис. 6. Отклонение прокатываемой полосы при уровнях вибрации выше 15–20 мм/с в зоне 2

В одном из аварийных режимов удалось зафиксировать зависимость отклонения толщины полосы от частоты вращения рабочих валков. В режимах резонанса уровень виброскорости разматывателя достигает 100–120 мм/с, рис. 7. В зоне выделенной красным квадратом приведены зависимости виброускорений во времени, рис. 8 и реализация (колебания во времени) виброускорений рис. 9. Колебания во времени соответствуют последней точке измерений на графике рис. 8. Как видно из рисунка колебания разматывателя являются негармоническими (релаксационными). На рис. 10 приведены Спектральные характеристики виброскорости в горизонтальном и вертикальном направлениях. Основная частота в спектре 10 Гц и вторая и третья гармоники: 20 и 30 Гц.

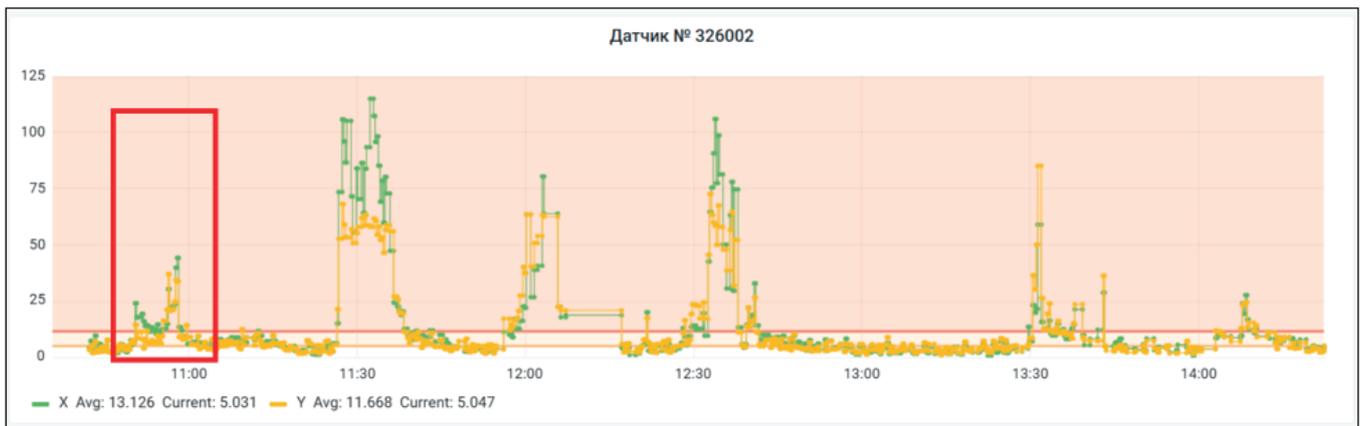


Рис. 7. Виброскорость разматывателя

Измерения вибрации производилось с высокой частотой опроса (16000 измерений в секунду), но дискретно, один раз в 10 секунд. Дискретность связана с временем формирования и подготовки данных при работе в режиме «WI-FI». Промежутку времени, в котором измерялась вибрация, соответствует запись технологических параметров: «скорость полосы на входе в клеть», Рис. 11, «Суммарное усилие прокатки», рис. 12 и «Толщина полосы на выходе», рис. 13.

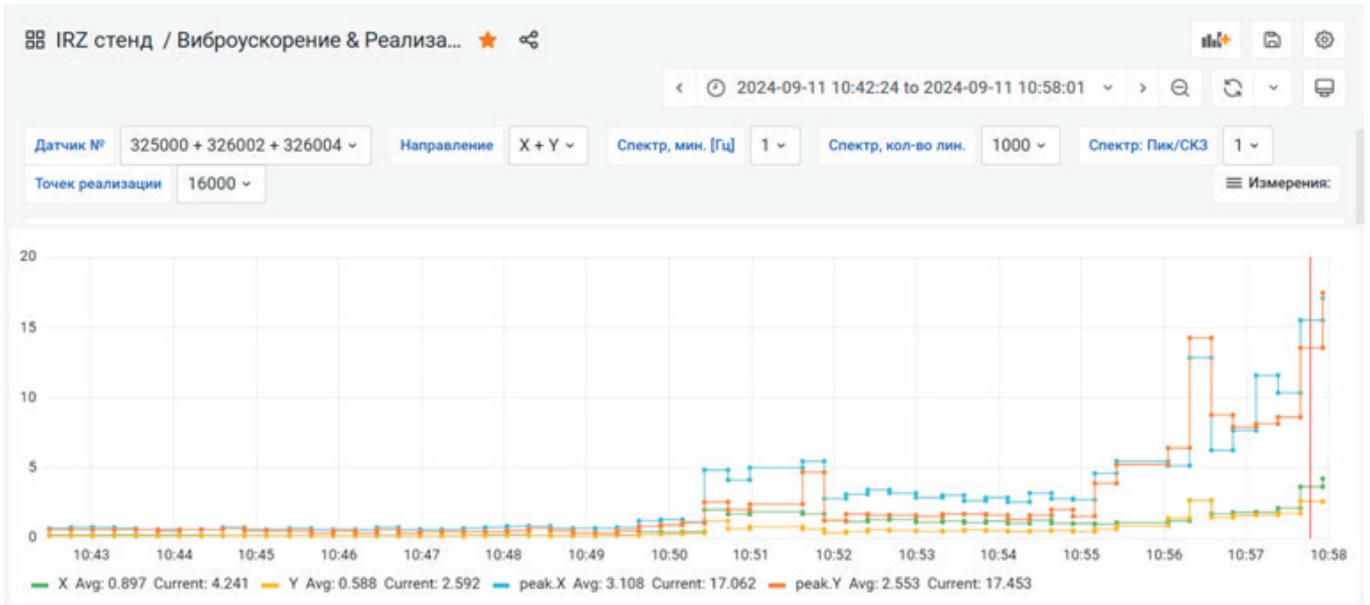


Рис. 8. Виброускорения размотывателя

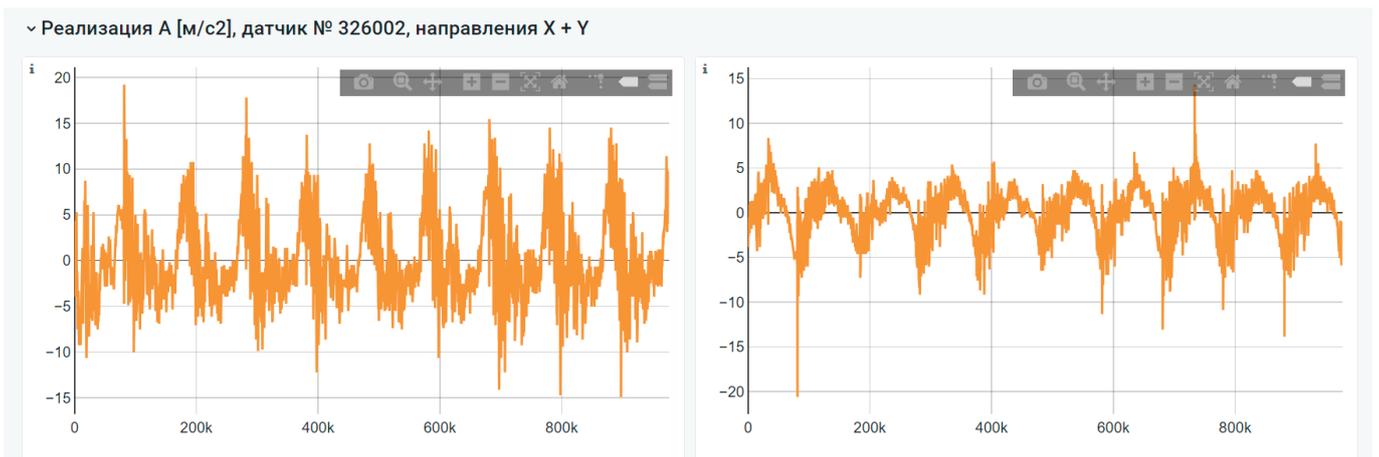


Рис. 9. Реализация виброускорения в горизонтальном и вертикальном направлениях. Соответствует последней точки графика виброскорости.

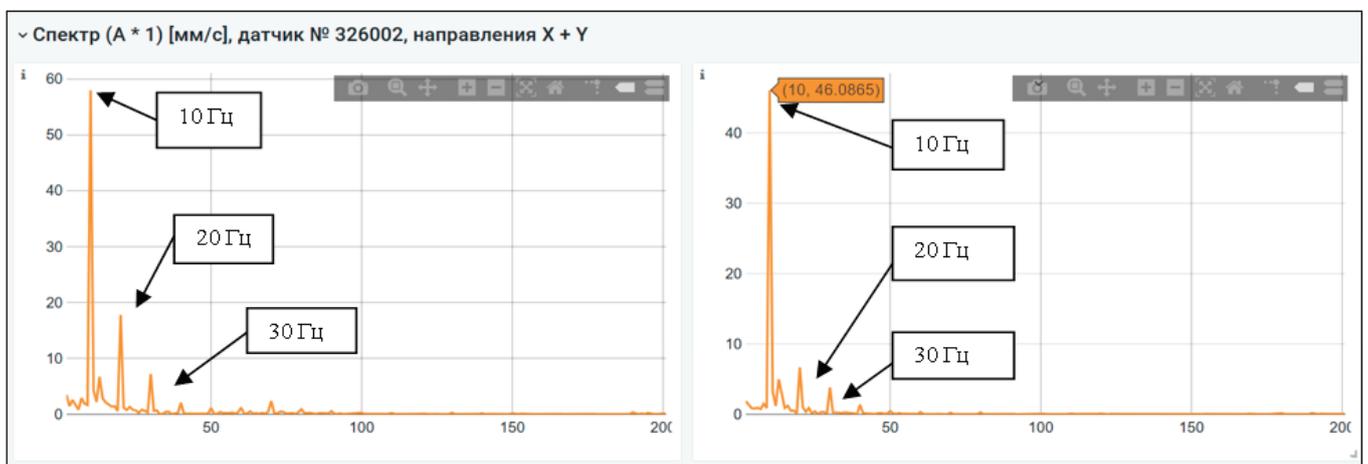


Рис. 10. Спектральная характеристика виброскорости в горизонтальном и вертикальном направлениях. Соответствует последней точки графика виброскорости



Рис. 11. Скорость полосы на входе в клеть



Рис. 12. Суммарное усилие прокатки



Рис. 13. Толщина полосы на выходе клетки

Зафиксировано изменение частот колебаний толщины прокатываемой полосы от 10 до 8 Гц, рис. 14 и 15.

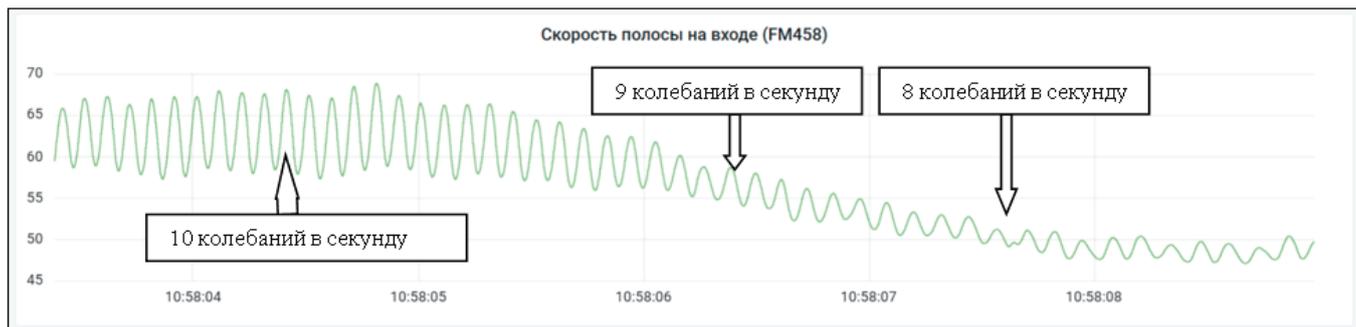


Рис. 14. Скорость полосы на входе



Рис. 15. Толщина полосы в зависимости от времени (частота вращения меняется)

Частота колебаний размотывателя совпадает с частотой изменения толщины прокатываемой полосы и ровно в три раза превышает частоту вращения рабочих валков, рис. 16. С увеличением частоты вращения увеличивается частота изменения толщины полосы. Зафиксировано изменение частоты колебаний и толщины полосы от 8 до 10 Гц. При этом частота вращения рабочих валков изменялась от 2,8 до 3,5 Гц.

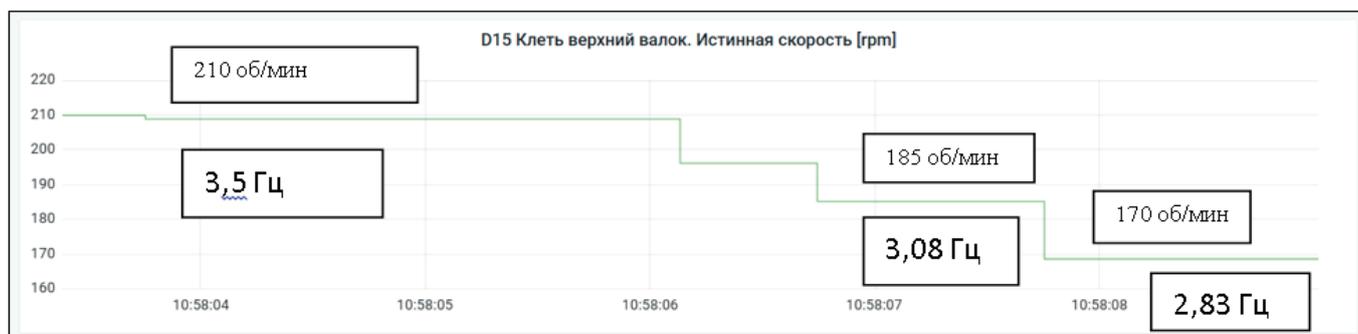


Рис. 16. Частота вращения рабочего валка

### Выводы

Поперечная ребристость прокатываемой полосы появляется при повышенном уровне вибрации размотывателя реверсивного одноклетьевого стана. Частота колебаний размотывателя совпадает с частотой изменения толщины прокатываемой полосы и зависит от частоты вращения рабочих валков.

### Литература:

1. Автоколебания клетей стана тандема холодной прокатки 2000 Магнитогорского металлургического комбината / М. Л. Краснов, П. Л. Качурин, С. Г. Вишняков [и др.]. // Вестник Южно-уральского государственного университета. — 2023. — № 23. — С. 19–30.
2. Гарбер Э. А. Исследование причин возникновения колебаний в клетях непрерывных прокатных станов / Э. А. Гарбер, В. П. Наумченко и др. // Производство проката — 2003. Vol. № 1. с. 10–12.
3. Аркулис Г. Э. Автоколебания в стане холодной прокатки. / Г. Э. Аркулис, З. М. Шварцман и др. // Сталь № 8, 1972, с. 727–728.
4. Приходько И. Ю. Система обнаружения признаков развития «чаттера» и своевременной коррекции технологического режима непрерывной холодной прокатки полос / И. Ю. Приходько, П. В. Крот, Е. А. Парсенюк, П. П. Чернов, В. А. Пименов, Ю. А. Цуканов // Труды VII Конгресса прокатчиков, Москва, — 2007. Том. 1, С. 115–123.
5. Веренев В. В. Состояние вибрационной диагностики и мониторинга оборудования прокатных станов / В. В. Веренев, В. И. Большаков // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: Сб. научн. тр. — Днепрпетровск.: ИЧМ НАН Украины, 2006. — Вып. 12. — с. 267–281.
6. Yimin S. Characteristic recognition of chatter mark vibration in a rolling mill based on non-dimensional parameters of the vibration signal/ Shao Yimin S., Xiao D., Yilin Y., Chris Y. K. // Journal of Mechanical Science and Technology — 2014. Vol. 28(6), — P — 2075–2080 DOI:10.1007/s12206-014-0106-6

7. Xu, T. Vibration characteristics of multi-parametric excitations and multi-frequency external excitations of rolling mill under entry thickness fluctuation of strip / T. Xu, D. X. Hou, Z. N. Sun, D.W. // J. Iron Steel Res — 2020. Vol. 27(5). P. 517–527. DOI:10.1007/s42243-020-00404-1
8. Heidari A. Effect of Friction on Tandem Cold Rolling Mills Chattering/ Heidari A, Forouzan MR, Akbarzadeh S// ISIJ International — 2014. Vol. 54(10). P. 2349–2356. <https://doi.org/10.2355/isijinternational.54.2349>
9. Niromand M. R. Experimental Investigations and ALE Finite Element Method Analysis of Chatter in Cold Strip Rolling/ Niromand M. R., Foruzan M. R., Salimi M., Shojaei H.// ISIJ International, Vol. 52 (2012), No. 12, pp. 2245–2253
10. Niromand M. R. Theoretical and Experimental Analysis of Chatter in Tandem Cold Rolling Mills Based on Wave Propagation Theory / Niromand M. R., Foruzan M. R., Salimi M.// ISIJ International, Vol. 55 (2015), No. 3, pp. 637–646

## Сравнение различных методик расчета трубобетонных колонн круглого сечения на центральное сжатие

Ляпкало Анастасия Сергеевна, студент магистратуры

Научный руководитель: Шеховцов Алексей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

*В статье приведен пример расчета трубобетонной колонны круглого сечения на центральное сжатие тремя различными способами, а также проведен краткий анализ полученных результатов. Первый расчет выполнен по СП 266.1325800.2016, две другие методика описаны в работах А. Л. Кришиана и Л. И. Стороженко.*

**Ключевые слова:** трубобетон, центральное сжатие, расчетное сопротивление, методики расчета трубобетона.

### Введение

В последнее время все чаще возникает необходимость возведения высотных зданий с укрупненной сеткой колонн, и оптимальным решением данной задачи является использование трубобетона. В трубобетонных конструкциях происходит повышение несущей способности бетонного ядра за счет использования металлической трубчатой оболочки, что делает их более эффективными по сравнению с металлическими и железобетонными конструкциями.

На данный момент существует довольно много публикаций, в которых предложены различные методики расчета трубобетонных конструкций, в том числе в 2016 году расчет трубобетона круглого сечения был представлен в СП 266.1325800.2016 «Конструкции сталежелезобетонные» [1]. Однако существующие методы расчета значительно отличаются друг от друга и дают разные результаты. Эта проблема является одной из причин, почему трубобетонные конструкции до сих пор не получили широкого применения.

Рассмотрим расчет трубобетонной колонны круглого сечения на центральное сжатие по СП 266.1325800.2016 и сравним с результатами, полученными с помощью методик Л. И. Стороженко [2] и А. Л. Кришиана [3]. В качестве образца принята колонна с оболочкой из стали С255, ядро выполнено из бетона В25. Геометрические характеристики указаны в таблице 1.

Таблица 1. Геометрические характеристики трубобетонной колонны

Диаметр колонны, D	Толщина стенки трубы, t	Диаметр бетонного ядра, D <sub>p</sub>	Площадь стальной оболочки, A <sub>p</sub>	Площадь бетонного ядра, A <sub>b</sub>	Радиус бетонного ядра, r <sub>b</sub>	Радиус средней поверхности трубы, r <sub>p</sub>
159 мм	6 мм	147 мм	28,8 см <sup>2</sup>	169,7 см <sup>2</sup>	7,65 см	7,8 см

### Расчет по СП 266.1325800.2016

При расчете примем случайный эксцентриситет из соотношения:

$$e_a = D/30 = 159/30 = 5,3 \text{ мм.}$$

Расчетное сопротивление бетона при сжатии в составе трубобетонного элемента:

$$R_{bp} = R_b + \Delta R_b \cdot \left(1 - \frac{7,5 \cdot e_a}{D-2 \cdot t}\right) = 14,5 + 43,6 \cdot \left(1 - \frac{7,5 \cdot 0,0053}{0,159-2 \cdot 0,006}\right) = 46,3 \text{ МПа};$$

$$\Delta R_b = R_b \cdot \left(2 + 2,52 \cdot e^{-\frac{-(R_p \cdot A_p + R_b \cdot A_b)}{c}}\right) \cdot \frac{t}{D-2 \cdot t} \cdot \frac{R_p}{R_b} = 14,5 \cdot \left(2 + 2,52 \cdot e^{-\frac{-(240 \cdot 0,00288 + 14,5 \cdot 0,01697)}{25}}\right) \cdot \frac{0,006}{0,159-2 \cdot 0,006} \cdot \frac{240}{14,5} = 43,6 \text{ МПа},$$

где  $R_b$  — расчетное сопротивление бетона В25 сжатию,  $R_p$  — расчетное сопротивление стали С255,  $c$  — постоянная.

Расчетное сопротивление металла трубы при сжатии в составе трубобетонного элемента:

$$R_{pc} = R_p - \frac{1}{4} \cdot R_p \left(1 - \frac{7,5 \cdot e_a}{D-2 \cdot t}\right) = 240 - \frac{1}{4} \cdot 240 \left(1 - \frac{7,5 \cdot 0,0053}{0,159-2 \cdot 0,006}\right) = 196,2 \text{ МПа}$$

Угол  $\alpha$ , характеризующий положение границы сжатой зоны, определяется из уравнения:

$$N = r_b^2 \cdot \left(\alpha - \frac{1}{2} \cdot \sin(2\alpha)\right) \cdot R_{bp} + \frac{\alpha}{\pi} \cdot A_p \cdot R_{pc} - \left(1 - \frac{\alpha}{\pi}\right) \cdot A_p \cdot R_p;$$

$$N = 0,0765^2 \cdot \left(\alpha - \frac{1}{2} \cdot \sin(2\alpha)\right) \cdot 46,3 + \frac{\alpha}{\pi} \cdot 0,00288 \cdot 196,2 - \left(1 - \frac{\alpha}{\pi}\right) \cdot 0,00288 \cdot 240,$$

где  $N$  — продольная сила от внешней нагрузки.

Расчет по прочности нормальных сечений выполняется из условия:

$$N \cdot e_a \leq \frac{2}{3} \cdot r_b^3 \cdot R_{bp} \cdot \sin^3(\alpha) + \frac{1}{\pi} \cdot A_p \cdot r_p \cdot \sin \alpha \cdot (R_p + R_{pc});$$

$$N = \frac{\frac{2}{3} \cdot 0,0765^3 \cdot 46,3 \cdot \sin^3(\alpha) + \frac{1}{\pi} \cdot 0,00288 \cdot 0,078 \cdot \sin \alpha \cdot (240 + 196,2)}{0,0053}$$

Решив систему уравнений из двух последних выражений, получим значение угла  $\alpha = 2,9174$  радиан и несущую способность трубобетонной колонны  $N = 1260$  кН.

### Расчет по Л. И. Стороженко

Коэффициент армирования трубобетона:

$$\mu = \left(\frac{D}{D_p}\right)^2 - 1 = \left(\frac{0,159}{0,147}\right)^2 - 1 = 0,17$$

Значение нормативного сопротивления бетона в трубобетоне:

$$R_{bn}^* = 0,65 \cdot B \cdot (1 + 16,1 \cdot \mu \cdot \beta) = 0,65 \cdot 25 \cdot (1 + 16,1 \cdot 0,17 \cdot 0,52) = 39,4 \text{ МПа},$$

где  $B$  — класс бетона по прочности на сжатие,  $\beta$  — коэффициент, принимаемый в зависимости от класса бетона.

Расчетное сопротивления бетона в трубобетоне:

$$R_b^* = \frac{R_{bn}^*}{\gamma_{pb}} = \frac{39,4}{1,16} = 33,9 \text{ МПа},$$

где  $\gamma_{pb}$  — коэффициент надежности по бетону для расчета по предельным состояниям первой группы.

Расчет сечений трубобетонных элементов, нормальных к продольной оси, при осевом сжатии кратковременной нагрузкой производится из условия:

$$N_{sbt} = \gamma_{bs} \cdot (R_b^* \cdot A_b + \gamma_{s2} \cdot R_p \cdot A_p) = 1,1 \cdot (33,9 \cdot 0,01697 + 0,75 \cdot 240 \cdot 0,00288) = 1306 \text{ кН},$$

где  $\gamma_{bs}$  — коэффициент условий работы бетона и трубы в трубобетоне,  $\gamma_{s2}$  — коэффициент условий работы стали трубы, учитывающий снижение расчетного сопротивления стали при сложном напряженном состоянии и определяемый по графику в зависимости от марки стали и коэффициента армирования.

### Расчет по А. Л. Кришану

Конструктивный коэффициент трубобетона, определяющий прочностные свойства бетона:

$$\rho = 0,85 \cdot \frac{R_{pn} \cdot A_p}{R_{bn} \cdot A_b} = 0,85 \cdot \frac{245 \cdot 0,00288}{18,5 \cdot 0,01697} = 1,9,$$

где  $R_{bn}$  — нормативное сопротивление бетона В25,  $R_{pn}$  — нормативное сопротивление стали С255.

Относительная величина бокового давления стальной оболочки на бетон:

$$\sigma = 0,48 \cdot e^{-(a+b)} \cdot \rho^{0,8} = 0,48 \cdot e^{-(0,118+0,59)} \cdot 1,9^{0,8} = 0,676,$$

где  $b = 0,118$  и  $a = 0,59$  — коэффициенты материала для тяжелого бетона.

Нормативное значение сопротивления бетонного ядра осевому сжатию:

$$R_{bn3} = R_{bn} \cdot (1 + 0,8 \cdot (0,5 \cdot \sigma + \frac{\sigma-2}{4} + \sqrt{(\frac{\sigma-2}{4})^2 + \frac{\sigma}{b}})) = 18,5 \cdot (1 + 0,8 \cdot (0,5 \cdot 0,676 + \frac{0,676-2}{4} + \sqrt{(\frac{0,676-2}{4})^2 + \frac{0,676}{0,118}})) = 54,4 \text{ МПа}$$

Коэффициент, учитывающий масштабный фактор:

$$\gamma_c = 0,7 + 0,3 \cdot \sqrt{\frac{0,15}{D_p - 2 \cdot t_p}} = 0,7 + 0,3 \cdot \sqrt{\frac{0,15}{0,159 - 2 \cdot 0,006}} = 1$$

Расчетное сопротивление бетонного ядра осевому сжатию:

$$R_{b3} = \frac{\gamma_c \cdot R_{bn3}}{1,3} = \frac{1 \cdot 54,4}{1,3} = 41,9 \text{ МПа}$$

Боковое давление стальной оболочки на бетон в предельном состоянии:

$$\sigma_{bru} = \sigma \cdot R_{bn} = 0,676 \cdot 18,5 = 12,5 \text{ МПа}$$

Находим напряжение окружного направления в стальной оболочке из условия равновесия:

$$\sigma_{ptu} = -0,5 \cdot \frac{(D-2 \cdot t)}{t} \cdot \sigma_{bru} = -0,5 \cdot \frac{(0,159 - 2 \cdot 0,006)}{0,006} \cdot 12,5 = -153 \text{ МПа}$$

Напряжение осевого направления в стальной трубе в стадии разрушения колонны:

$$\sigma_{pzu} = \sqrt{R_{pn}^2 - 0,75 \cdot \sigma_{ptu}^2} - 0,5 \cdot \sigma_{ptu} = \sqrt{245^2 - 0,75 \cdot 153^2} - 0,5 \cdot 153 = 129,5 \text{ МПа}$$

Несущая способность трубобетонной колонны:

$$N_u = R_{b3} \cdot A_b + \sigma_{pzu} \cdot A_p = 41,9 \cdot 0,01697 + 129,5 \cdot 0,00288 = 1085 \text{ кН}$$

### Сравнительный анализ и выводы

Полученные результаты расчета трубобетонной колонны по трем различным методикам сведены в таблицу 2.

Таблица 2. Результаты расчета трубобетонной колонны

Метод расчета	Расчетное сопротивление бетона в составе трубобетона	Несущая способность трубобетонной колонны
СП266	46,3 МПа	1260 кН
Стороженко	33,9 МПа	1306 кН
Кришан	41,9 МПа	1085 кН

Исходя из анализа полученных данных, можно сделать вывод, что по всем трем методикам наблюдается заметное увеличение расчетного сопротивления бетона, что и делает использование трубобетона наиболее выгодным в сравнении с железобетоном.

В методике Л. И. Стороженко используются в наибольшей степени эмпирические зависимости и прирост расчетного сопротивления бетона наблюдается в нем меньше всего. Однако несущая способность трубобетона полученная по его формулам отличается от расчета по СП всего на 3,7%, что является хорошей сходимостью.

По методике А. Л. Кришана значение расчетного сопротивления бетона очень близко к значению полученному по СП, но разница в несущей способности трубобетона составляет 14%.

В целом, все рассмотренные методы нуждаются в дальнейшем совершенствовании и верификации для повышения точности, что поспособствует развитию применения трубобетона.

Литература:

- СП 266.1325800.2016 «Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования» (с Изменениями № 1,2,3, с Поправками). [Электронный ресурс]. ИС «Техэксперт» (дата обращения 09.09.2024).
- Стороженко Л. И., Плахотный П. И., Черный А. Я. Расчет трубобетонных конструкций. К.: Будивэльнык, 1991, 120с.
- Кришан А. Л., Римшин В. И., Астафьева М. А. Сжатые трубобетонные элементы. Теория и практика: монография. М.: Издательство АСВ, 2020, 322с.

4. Кикин А. И., Санжаровский Р. С., Труль В. А. Конструкции из стальных труб, заполненных бетоном. М., Стройиздат, 1974, 144с.
5. Лукша Л. К. Прочность трубобетона. Мн., «Высшая школа», 1977, 96с.
6. Росновский В. А. Трубобетон в мостостроении. М., Трансжелдориздат, 1963, 109с.

## Эпоха 3D (decarbonization, decentralization, digitalization) в энергетике: актуальные технологии и тренды

Пиманов Сергей Юрьевич, студент магистратуры  
 Научный руководитель: Шушпанов Илья Николаевич, кандидат технических наук, доцент  
 Иркутский национальный исследовательский технический университет

*В данной статье освещаются три основных направления энергетической эпохи 3D (Decarbonization, Decentralization, Digitalization), а именно, декарбонизация, децентрализация и цифровизация в энергетике. Приведены данные и сравнительный анализ инвестиций в цифровые технологии, доли использования цифровых технологий в производственных процессах, а также увеличения эффективности за счет цифровизации в США, России и Китае. Были выделены ключевые показатели и тенденции развития энергетического сектора в контексте описанных тенденций.*

**Ключевые слова:** декарбонизация, децентрализация, цифровизация, Энергетика, возобновляемая энергия, цифровые технологии, США, Россия, Китай, Инвестиции, производственные процессы, эффективность.

### 1. Эпоха 3D (decarbonization, decentralization, digitalization) в энергетике

Одной из ключевых концепций, определяющих развитие энергетики в настоящее время, является концепция «Эпоха 3D» — сближение трех главных направлений: декарбонизации, децентрализации и цифровизации [1].

#### 1.1. Декарбонизация

Декарбонизация — это процесс постепенного отказа от ископаемых видов топлива в пользу более чистых и устойчивых источников энергии. Задача декарбонизации заключается в сокращении выбросов парниковых газов, что способствует борьбе с изменением климата и экологической устойчивости [2].

Технологии декарбонизации, например, солнечные и ветровые установки, становятся все более доступными и эффективными благодаря постоянному совершенствованию и инновациям в данной области. Важным аспектом декарбонизации является также развитие технологий электромобилей и стимулирование перехода на них как на более экологически чистый вид транспорта. Это позволит

снизить зависимость от нефтепродуктов и уменьшить выбросы токсичных веществ в атмосферу.

Рассмотрим данные по выбросам парниковых газов в энергетике для США, России и Китая показаны в таблице 1.

Сравнительный анализ показывает следующее:

- США имеют наименьшие выбросы парниковых газов среди трех стран, но при этом их доля возобновляемой энергии ниже, чем в России и Китае.
- Россия и США имеют схожие доли возобновляемой энергии, но у России выбросы парниковых газов в энергетике меньше.
- Китай является крупнейшим выбросчиком парниковых газов среди трех стран, однако их доля возобновляемой энергии выше.

#### Выводы

- США и Китай имеют более высокую децентрализацию энергетических систем по сравнению с Россией.
- Китай показывает наибольшие успехи в развитии возобновляемой энергии и децентрализации своей энергетической системы, в то время как Россия имеет еще зна-

Таблица 1. Статистика по странам 2019 г

Страны	Выбросы парниковых газов в энергетике, млрд тонн CO <sub>2</sub>	Доля энергии, производимой из возобновляемых источников%
США	4,132	17
Россия	1,709	16
Китай	11,112	26

чительный потенциал для увеличения доли децентрализованных источников энергии.

– США и Китай также продолжают активно развивать домашние и мелкие энергетические системы, в то время как в России этот процесс продвигается медленнее.

– Развитие крупных энергетических компаний в направлении возобновляемой энергии является одним из ключевых факторов, определяющих уровень децентрализации энергетических систем. Китай и США выделяются в этом плане, где эти компании активно инвестируют в возобновляемые источники энергии и разрабатывают новые технологии.

Декарбонизация, как процесс перехода к чистым и устойчивым источникам энергии, имеет стратегическое значение в современном мире, особенно в контексте борьбы с изменением климата и обеспечения энергетической безопасности. Развитие альтернативных источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия, является важным шагом к снижению выбросов парниковых газов, обеспечению чистой источников энергии и повышению экологической устойчивости.

Развитие технологий хранения энергии и улучшение сетевых решений позволяют более эффективно интегрировать возобновляемые источники энергии в энергетическую систему, обеспечивая более устойчивое и надежное энергетическое обеспечение.

Особое внимание следует уделить развитию технологий электромобилей и стимулированию перехода на них как на экологически более чистый вид транспорта. Это позволит сократить зависимость от нефтепродуктов, снизить выбросы вредных веществ в атмосферу и способствовать улучшению качества окружающей среды.

## 1.2 Децентрализация

Децентрализация — это тенденция к переходу от централизованных систем энергоснабжения к более гибким и децентрализованным структурам. В рамках децентрализации все большее внимание уделяется развитию местных и микросистем энергоснабжения, таких как солнечные батареи на крышах зданий, ветрогенераторы на фермах или микрогенераторы на базе геотермальной энергии.

Децентрализованные системы позволяют повысить надежность энергоснабжения, улучшить энергетическую эффективность и снизить нагрузку на централизованные электростанции.

Кроме того, децентрализация способствует улучшению доступа к энергии в удаленных районах и улучшению энергетической безопасности.

В 2020 году одно из агентств провело исследование мировой децентрализованной энергетике в 2020 г. показана в таблице 2

Таблица 2. Децентрализованная энергетика в 2020 г.

Страны	Доля децентрализованных источников производства энергии	Производство электроэнергии от солнечной и ветровой генерации	Доля крупных энергетических компаний в разработке возобновляемой энергии
США	около 34%	до 8,4% и 9,3%,	Около 19%
Россия	12%	-	8%
Китай	40%	около 11,6% и 7,7%	25%

Следует отметить, что децентрализация энергетических систем является важным тенденцией в мировой энергетике, поскольку позволяет снизить зависимость от традиционных источников энергии и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

## 1.3 Цифровизация

Цифровизация — это процесс внедрения цифровых технологий в энергетический сектор с целью улучшения эффективности, управления и контроля процессов. Цифровизация позволяет создать интеллектуальные системы управления и мониторинга, анализировать большие объемы данных для оптимизации работы энергосистем, повышать безопасность и надежность энергообеспечения.

Технологии цифровизации, такие как системы умного дома, интернет вещей, искусственный интеллект и блокчейн, становятся неотъемлемой частью современной энергетики и открывают новые возможности для инно-

ваций [3]. Одним из существенных аспектов данной эпохи является рост популярности альтернативных источников энергии, основанных на возобновляемых ресурсах, таких как солнечная и ветровая энергия.

Для сравнения процесса внедрения цифровых технологий в энергетический сектор в США, России и Китае, рассмотрим следующие основные показатели:

### 1. Инвестиции в цифровые технологии:

– США: Согласно исследованиям McKinsey, в 2019 году инвестиции в цифровые технологии в энергетическом секторе составили около 13 миллиардов долларов.

– Россия: По данным Аналитического центра при РФ, в 2019 году инвестиции в цифровизацию энергетического сектора составили около 2 миллиардов долларов.

– Китай: Согласно отчету China Energy Storage Alliance, в 2019 году инвестиции в цифровые технологии в энергетическом секторе Китая: 20 миллиардов долларов.

2. Доля использования цифровых технологий в производственных процессах:

– США: По данным Американской энергетической ассоциации, более 60% энергетических компаний в США используют цифровые технологии для улучшения эффективности и контроля процессов.

– Россия: По данным Министерства энергетики РФ, около 40% энергетических предприятий в России внедрили цифровые технологии.

– Китай: Согласно China Electricity Council, более 70% китайских энергетических компаний активно внедряют цифровые решения для улучшения управления и контроля процессов.

3. Увеличение эффективности процессов за счет цифровых технологий:

– США: в результате внедрения цифровых технологий, энергетический сектор США смог снизить потребление энергии на 15% и сократить выпуск вредных выбросов на 20%.

– Россия: Внедрение цифровых решений позволило энергетическим предприятиям России сократить потери энергии на 10% и увеличить эффективность производства на 8%.

– Китай: Благодаря цифровизации энергетических процессов, энергетический сектор Китая смог улучшить коэффициент загрузки оборудования на 12%, что привело к увеличению производственной эффективности на 15%.

Из проведенного сравнительного анализа можно сделать следующие выводы:

– Китай лидирует по объему инвестиций в цифровые технологии в энергетическом секторе среди рассматриваемых стран.

– США и Китай выделяются высокой долей использования цифровых технологий в производственных процессах.

– Внедрение цифровых технологий позволило значительно увеличить эффективность процессов в энергетическом секторе всех трех стран.

Цифровизация играет не менее важную роль в современной энергетике, обеспечивая управление и мониторинг энергосистем на новом уровне эффективности. Использование цифровых технологий [4] позволяет оптимизировать процессы генерации, распределения и потребления энергии, а также повысить прозрачность и управляемость системы. Анализ больших объемов данных позволяет операторам энергосистем принимать обоснованные решения и предсказывать возможные сбои в работе.

Одним из ключевых трендов в эпохе 3D является так называемый «энергетический треугольник», в котором взаимодействуют потребители, генераторы и хранители энергии. Технологии цифровизации позволяют связать эти компоненты в единую интеллектуальную сеть, где каждое звено может взаимодействовать и обмениваться энергией в реальном времени.

Другим важным трендом, определяющим развитие энергетической системы, является появление энергетических цифровых платформ и рынков, которые обеспечивают взаимодействие между участниками энергетического

рынка на основе цифровых технологий. Энергетические платформы позволяют реализовывать концепцию Energy as a Service (Энергия как сервис), где потребители могут получать энергию в режиме онлайн, выбирать источник, поставщика, а также оптимизировать свое энергопотребление на основе предложений на рынке. Это позволяет увеличить прозрачность и эффективность функционирования рынка энергии, а также создать условия для появления новых бизнес-моделей и инноваций.

## 2. Тенденции развития эпохи 3D

Важным аспектом эпохи 3D является также рост роли энергосохранения и энергоэффективности. Использование современных технологий, таких как умные счетчики, системы управления нагрузкой, изолирующие материалы и другие, позволяет снизить энергопотребление и повысить эффективность использования энергии.

Еще одной важной тенденцией, неразрывно связанной с эпохой 3D, является развитие электрических сетей нового поколения, или «умных сетей» (Smart Grids). Умные сети представляют собой интегрированные системы управления энергоснабжением, основанные на цифровых технологиях, которые позволяют эффективно управлять производством, распределением и потреблением энергии. Эти сети обладают рядом преимуществ, таких как повышение надежности и стабильности энергоснабжения, улучшение мониторинга и управления нагрузками, интеграция различных типов энергии, включая возобновляемую, а также снижение потерь энергии.

## Заключение

Эпоха 3D в энергетике представляет собой новый этап развития отрасли, который характеризуется тремя ключевыми трендами: декарбонизацией, децентрализацией и цифровизацией:

1. *Декарбонизация* — это процесс снижения выбросов парниковых газов, который становится одним из главных задач в современной энергетике. Это включает в себя переход от использования ископаемых топлив к возобновляемым источникам энергии, таким как солнечная и ветровая энергия.

2. *Децентрализация* в энергетике означает переход от централизованных крупных энергетических систем к более гибким и разнородным сетям. Это включает в себя развитие микрогенерации, энергетической самоуправляемости, умных сетей и хранения энергии.

3. *Цифровизация* в энергетике связана с внедрением современных информационно-коммуникационных технологий для оптимизации управления энергетическими процессами. Это включает в себя использование больших данных, сенсоров, интернета вещей и искусственного интеллекта для мониторинга и управления системой электроснабжения.

## Литература:

1. «Трёхмерная энергия: переход к декарбонизации, децентрализации и цифровизации» — А. Дж. Лью и др., Science, том 365, выпуск 6458, стр. eaaw2830 (2019)
2. «Будущее энергетических систем: интеграция возобновляемых источников энергии, электрификации и трёхмерных распределённых энергетических ресурсов» — В. В. Гири и др., 2020 год, доступно по адресу: <https://www.osti.gov/servlets/purl/1604035>
3. «Декарбонизация энергетического сектора: обзор текущих инициатив, технологий и возможных стратегий трёхмерной интеграции» — М. П. М. Азим и др., Energy & Environment, том. 29, № 4, стр. 520–548 (2018)
4. «3D энергия: будущее декарбонизированных, децентрализованных и цифровых энергетических систем» — Д. Браун и др., IEEE Power and Energy Magazine, том. 16.
5. «Автоматизированная система управления освещением»/ М. А. Шаходжаев/ Ферганский политехнический институт [Книга]/URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizirovannaya-sistema-upravleniya-osvescheniya/viewer> (Дата обращения: 20.11.2024).

## Нейросетевое моделирование систем охлаждения солнечных электростанций

Рылова Ангелина Михайловна, студент магистратуры

Научный руководитель: Малев Николай Анатольевич, кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный энергетический университет

*Нейросетевое моделирование в системах охлаждения солнечных электростанций представляет собой перспективный инструмент для оптимизации процессов охлаждения, повышения эффективности генерации электроэнергии и управления ресурсами, однако требует решения проблем, связанных с неопределенностью данных и зависимостью от параметров, что может быть достигнуто через интеграцию дополнительных источников данных и применение современных методов машинного обучения.*

**Ключевые слова:** нейросетевое моделирование, энергетика, системы охлаждения, прогнозирование температуры, оптимизация.

## Neural network modeling of cooling systems solar power plants

Rylova Angelina Mikhaylovna, student master's degree

Scientific advisor: Malev Nikolay Anatolyevich, candidate of technical sciences, associate professor

Kazan State Power Engineering University

*Neural network modeling in cooling systems of solar power plants is a promising tool for optimizing cooling processes, increasing the efficiency of electricity generation and resource management, however, it requires solving problems related to data uncertainty and dependence on parameters, which can be achieved through the integration of additional data sources and the use of modern machine learning methods.*

**Keywords:** neural network modeling, energy, cooling systems, temperature forecasting, optimization.

Системы охлаждения играют критически важную роль в энергетике, обеспечивая эффективное отведение тепла от оборудования и поддержание оптимальных температурных режимов. Некоторые примеры применения нейросетевого моделирования в системах охлаждения:

— прогнозирование температуры: Нейросети могут быть использованы для прогнозирования температуры в системах охлаждения, что позволяет предсказать и предотвратить перегрев оборудования.

— оптимизация параметров охлаждения: Нейросети могут быть использованы для оптимизации параметров охлаждения, таких как температура, давление и расход охлаждающей жидкости, чтобы обеспечить максимальную эффективность охлаждения.

— контроль за уровнем жидкости: Нейросети могут быть использованы для контроля за уровнем жидкости в системах охлаждения, чтобы предотвратить ее истощение или перегрев.

— диагностика неисправностей: Нейросети могут быть использованы для диагностики неисправностей в системах охлаждения, таких как утечки жидкости, засорение фильтров.

— мониторинг состояния оборудования: Нейросети могут быть использованы для мониторинга состояния оборудования в системах охлаждения, чтобы предсказать и предотвратить отказы.

— управление режимом охлаждения: Нейросети могут быть использованы для управления режимом охлаждения

в зависимости от изменений температуры, нагрузки и других факторов.

— оптимизация энергопотребления: Нейросети могут быть использованы для оптимизации энергопотребления в системах охлаждения, чтобы уменьшить затраты на электроэнергию.

— моделирование теплообмена: Нейросети могут быть использованы для моделирования теплообмена в системах охлаждения, чтобы предсказать и оптимизировать теплообменные процессы.

К системам охлаждения в энергетике можно отнести ядерные реакторы, паровые и газовые турбины, солнечные электростанции, нефтегазовые отрасли. В современном мире больше внимание уделяется солнечным электростанциям, это связано с быстрым изменением климата и ростом спроса на возобновляемые источники энергии.

Нейросетевое моделирование в охлажденных системах солнечных электростанций представляет собой использование алгоритмов машинного обучения для оптимизации

процессов охлаждения и повышения эффективности генерации электроэнергии.

Это включает в себя:

- анализ данных о производительности;
- управление ресурсами
- интеграция с другими системами
- снижение затрат

Однако существуют и недостатки в этом методе. Сюда относят возможность неопределенности данных и зависимость нейросети от параметров, что может вызвать неточное прогнозирование, плохую производительность. Для решения данных проблем можно включить в модель дополнительные источники данных, такие как метеорологические прогнозы, и использовать методы синтетических данных, генеративных моделей или активного обучения для создания дополнительных данных.

Исходя из этого, нейросетевое моделирование в системах охлаждения на электростанциях используется для повышения эффективности и надежности работы оборудования.

#### Литература:

1. Гильфанов К. Х., Шакиров Р. А., Гайнуллин Р. Н. Нейросетевое моделирование дискретно-шероховатых поверхностей теплообмена в виде лунок // Вестник Технологического университета. — 2018
2. Khan, M. A., & Khan, M. A. (2018). «Application of Artificial Neural Networks in Predicting the Performance of Cooling Systems». Energy Reports, 4, 1–10.
3. Промышленные системы охлаждения. — Москва: Бюро НДТ, 2016
4. Стребков Д. С., Тверьянович Э. В., Под ред. Стребкова Д. С. Солнечные электростанции: концентраторы солнечного излучения. — 2-е изд. — 2023: 265 с.

## Определение и согласование характеристик компонентов системы подготовки, подачи и отвода воздуха электрохимического генератора методом одномерного моделирования

Салахутдинов Марат Илсурович, студент магистратуры

Высшая школа системного инжиниринга Московского физико-технического института (г. Долгопрудный)

Научный руководитель: Карабцев Владимир Сергеевич, кандидат технических наук, доцент

Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета

*Работа посвящена разработке методики согласования характеристик и режимов работы отдельных компонентов системы подготовки, подачи и отвода воздуха электрохимического генератора с целью обеспечения наилучшей эффективности работы электрохимического генератора в сборе. Подробно рассматривается влияние охладителя и увлажнителя наддувочного воздуха на функционирование батареи топливных элементов входящей в состав электрохимического генератора. Для этого предлагается использовать метод математического моделирования в одномерной постановке. На основе анализа и обобщения результатов определены параметры обеспечивающие наибольший КПД исследуемых объектов.*

**Ключевые слова:** электрохимический генератор, система подготовки и подачи воздуха, охладитель наддувочного воздуха, увлажнитель наддувочного воздуха, топливные элементы.

#### Введение

В современном мире особое внимание уделяется снижению углеродного следа, и эта тенденция отчетливо прослеживается на глобальном уровне. За последние годы в ряде европейских стран показатель выбросов CO<sub>2</sub> стал одной из

ключевых характеристик транспортных средств. Создание новых энергоэффективных и экологически чистых силовых установок для автомобилей требует разработки принципиально новых технологий.

На данный момент альтернативой классическим двигателям внутреннего сгорания являются электродвигатели, но электродвигателям необходим источник энергии. В качестве источника энергии для электрических двигателей сейчас широко применяются тяговые аккумуляторные батареи разного типа на основе лития, работающие по принципу запасаения и передачи энергии, полученной от внешней электросети. У данной технологии есть определенные недостатки, такие как низкие удельные показатели запасаемой энергии, использование редкоземельных металлов высокой чистоты, трудности в последующей переработке, что в свою очередь сказывается на запасе хода и цене автотранспорта. Одним из перспективных решений является гибридизация «чистого» электротранспорта на аккумуляторных батареях с водородными топливными элементами [1].

Водородные топливные элементы обеспечивают генерацию энергии при условии непрерывной подачи реагентов — водорода и кислорода (воздуха), её можно использовать как для движения, так и для пополнения емкости аккумуляторных батарей. Водород причислен к возобновляемым источникам энергии, это один из самых распространенных элементов в мире, обладает высокой энергоемкостью, но почти отсутствует в несвязанном виде [2]. Данное решение обеспечивает снижение необходимой емкости аккумуляторных батарей, большой запас хода и устраняет потребность в зарядке аккумуляторных батарей в ходе длительных остановок.

Водородные энергетические установки, применяемые в транспортном секторе, представляют из себя сложную систему и состоит из следующих основных подсистем: электрохимического генератора (ЭХГ); системы хранения компримированного водорода (СХКВ), системы управления. В свою очередь ЭХГ состоит из системы подготовки, подачи и отвода воздуха; системы подготовки, подачи и отвода водорода; батареи топливных элементов (БТЭ); системы термоменеджмента [3].

Цель работы — разработать методику определения и согласования характеристик ключевых компонентов системы подготовки, подачи и отвода воздуха методом одномерного моделирования. В зависимости от объема и точности входных данных методом одномерного моделирования можно определить характеристики и проанализировать алгоритмы работы объекта проектирования, что, в свою очередь, снизит общие затраты на экспериментальные исследования.

## Объект исследования

Система подготовки и подачи воздуха в батарею топливных элементов (БТЭ) играет важную роль в обеспечении наибольшего КПД БТЭ, что достигается повышением стехиометрии, влажности наддувочного воздуха и уменьшением температуры наддувочного воздуха. В целях определения характеристик компонентов данной системы и системы в целом, при которых достигается наибольший КПД БТЭ, составлена одномерная компьютерная модель, представленная на рис. 1.

Основными компонентами данной системы являются:

- Воздушный фильтр;
- Воздушный компрессор;
- Охладитель наддувочного воздуха (ОНВ);
- Увлажнитель наддувочного воздуха (УНВ);
- Дроссельная заслонка;
- Патрубки.

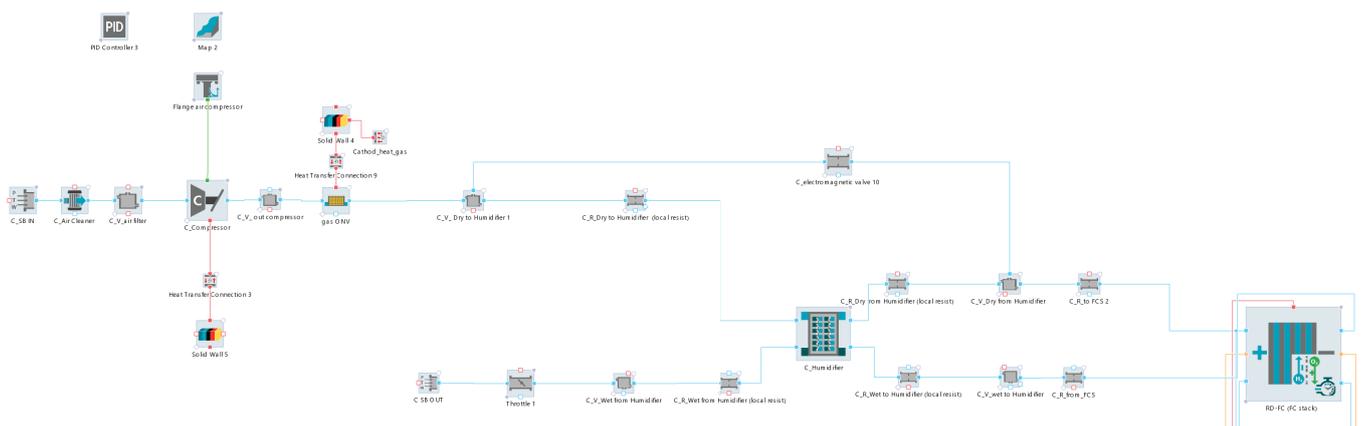


Рис. 1. Одномерная компьютерная модель системы подготовки и подачи воздуха в батарею топливных элементов

С помощью компьютерной модели рассмотрено влияние охладителя и увлажнителя наддувочного воздуха на работу БТЭ. В следствие того, что для номинальной работы БТЭ необходимо поддерживать стабильный водный баланс мембранно-электродных блоков (МЭБ) топливных элементов, входящих в состав БТЭ, избыток или недостаток влаги в составе подводящего воздуха способен снизить КПД, вызвать затопление отдельных участков активной области топливных элементов и нарушить стабильность работы БТЭ в целом. УНВ играет важную роль в защите мембраны топливных элементов от переосушения и сохранения эксплуатационного ресурса, посредством передачи молекул воды от выхлопных газов к наддувочному воздуху.

Существует несколько типов УНВ:

- 1) По методу увлажнения:
  - Увлажнитель газ-газ;
  - Увлажнитель вода-газ;
- 2) По типу увлажнителя:
  - Рециркулирующий увлажнитель;
  - Увлажнитель с полкой волокнистой мембраной;
  - Увлажнитель с плоской мембраной;
- 3) По техническому исполнению:
  - Внутреннее увлажнение:
    - a) Увлажнитель с прямым впрыском жидкости;
    - b) Увлажнитель с губками/ пористыми пластинами;
  - Внешние увлажнители:
    - a) Баблер увлажнитель;
    - b) Энтальпийный роторный увлажнитель;
    - c) Мембранный увлажнитель.

Применительно к топливным элементам на протонообменной мембране (ПОМТЭ) применяют внешние увлажнители, в данной работе рассматривается применение внешнего мембранного увлажнителя кожухотрубного типа (рис. 2).

### Исследования характеристик ОНВ и УНВ

Типичный кожухотрубный УНВ имеет мембраны Nafion, диаметр внутренних трубок может варьироваться от 0,4 мм до 0,8 мм [4]. В данной работе толщина мембран изменяется от 0,025 мм до 0,1 мм, диаметр внутренних трубок остался неизменным 0,5 мм.

Стоит отметить, что целевой температурой наддувочного воздуха на выходе из УНВ, является температура близкая к температуре БТЭ и немного большей чем точка росы. Диффузию молекул воды в УНВ возможно описать основными формулами переноса, где градиент концентраций воды образует массовый поток (1), при этом массовый поток определяется формулой (2) согласно [5], [6]:

$$\frac{dm_{v,trans}}{dt} = \frac{d(C_{H2O,mass} * A * t_{mem})}{dt} = W_{diff,mem,wet} - W_{diff,mem,dry} \tag{1}$$

где,  $m_{v,trans}$  — масса диффузии молекул воды, кг;  $C_{H2O,mass}$  — массовая концентрация воды, кг/м<sup>3</sup>;  $A$  — площадь мембраны УНВ, м<sup>2</sup>;  $t_{mem}$  — толщина мембраны, м;  $W_{diff,mem,wet}$  — массовый поток воды с влажной стороны УНВ (выход из БТЭ), кг/с;  $W_{diff,mem,dry}$  — массовый поток воды с сухой стороны УНВ (вход в БТЭ), кг/с.

$$W_{diff,mem,i} = M_v * A * D_w * \frac{C_i - C_{middle}}{0.5 * t_{mem}} \tag{2}$$

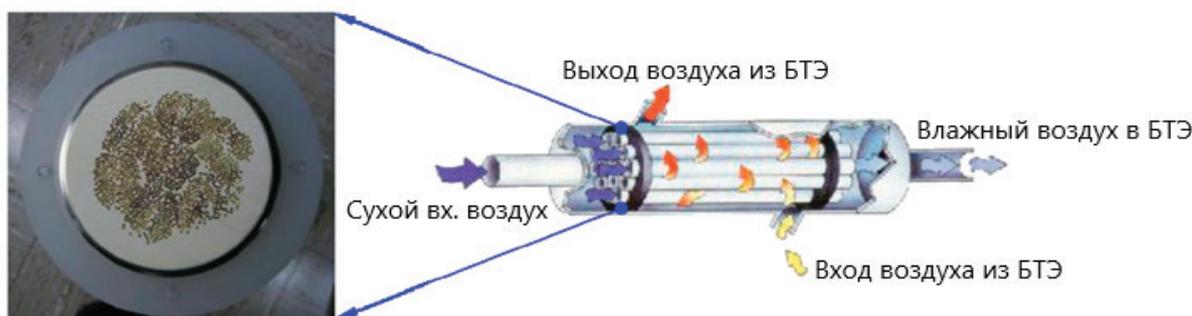


Рис. 2. Структура кожухотрубного УНВ с методом увлажнения газ-газ [5]

где,  $M_v$  — молярная масса, кг/моль;  $D_w$  — коэффициент диффузии воды в мембране, зависящий от температуры;  $C_{middle}$  — средняя концентрация воды, кг/м<sup>3</sup>.

Вследствие того, что ОНВ и УНВ не управляемые компоненты, то для корректировки необходимо изменять температуру охлаждающей жидкости, подводимой к ОНВ, изменяя тем самым температуру и удельную влажность наддувочного воздуха на выходе из ОНВ. Для изменения удельной влажности наддувочного воздуха на выходе из УНВ трубчатого типа, варьировали объем подаваемого воздуха и отводимого воздуха в УНВ, путем изменения длины трубок и толщины мембраны. Стоит отметить, что перенос молекул воды в УНВ увеличивается с увеличением диаметра, длины и числа трубок УНВ [7].

По результатам одномерного моделирования были получены данные представленные в Табл. 1, 2.

КПД БТЭ вычисляется программно согласно формуле:

$$\eta_{БТЭ} = \frac{\varepsilon_{ТЭ}}{\varepsilon_0} \quad (3)$$

где,  $\varepsilon_{ТЭ}$  — потенциал топливных элементов входящих в БТЭ, В;

$\varepsilon_0$  — теоретический потенциал топливных элементов входящих в БТЭ, В.

Таблица 1. Параметры ОНВ, УНВ и КПД БТЭ при относительной влажности атмосферного воздуха 50% при температуре ОНВ 70 °С и температуре БТЭ 75 °С.

Толщина мембраны УНВ, мм	Длина трубок УНВ, мм	Площадь мембраны, м <sup>2</sup>	Объем влажной/ сухой области, л	Точка росы вых. наддувочного воздуха из УНВ, °С	Температура на вых. из УНВ сухой V, °С	Относительная влажность наддувочного воздуха на вых. из УНВ, -	Средняя доля воды в мембранах БТЭ, -	КПД БТЭ, %
0,025	150	2,8	1,4 / 3,1	45,2	81,6	0,19	2,15	50,9
0,025	300	5,65	2,8 / 6,2	64,3	83,3	0,44	2,66	52
0,025	450	8,48	4,2 / 9,3	61,3	79,8	0,45	2,6	51,9
0,05	150	2,8	1,4 / 3,1	37,8	81,8	0,13	1,95	50,4
0,05	300	5,65	2,8 / 6,2	51,5	82,1	0,25	2,37	51,5
0,05	450	8,48	4,2 / 9,3	50,1	80,1	0,26	2,31	51,2
0,1	150	2,8	1,4 / 3,1	32,6	82	0,09	1,85	50,1
0,1	300	5,65	2,8 / 6,2	37,6	80,8	0,13	1,95	50,4
0,1	450	8,48	4,2 / 9,3	41,5	80,3	0,16	2,04	50,6

Как видно из Табл. 1., во всех расчетных случаях температура выходного наддувочного воздуха из УНВ намного выше температуры БТЭ из-за недостаточного охлаждения в ОНВ, а так как температура БТЭ поддерживается на отметке в 75 °С системой термоменеджмента, то согласно формулам (1) и (2) диффузия молекул воды на сторону подаваемого воздуха происходит слабо из-за низкой относительной влажности.

Как видно из полученных таблиц 1 и 2, наибольшее увлажнение наддувочного воздуха достигается при температуре ОНВ 40 °С, и минимальной толщине мембраны (0,025 мм), при этом относительная влажность была достигнута на отметки в 0,92, что позволило повысить КПД БТЭ номинальной мощностью 68 кВт до 52,2%. При данной относительной влажности наддувочного воздуха, средняя доля воды в мембранах БТЭ составляет 2,72, что свидетельствует о наибольшей концентрации воды и необходимом увлажнении. Необходимо учесть, что при температуре ОНВ 40 °С, температура на выходе наддувочного воздуха составляет 69–70 °С, тогда как при увеличении температуры ОНВ до 70 °С, температура воздуха на выходе составила 87–90 °С.

Согласно формуле (1), результирующий массовый поток воды обеспечивает увлажнение или осушение сухой стороны УНВ (поток в БТЭ) в зависимости от условий эксплуатации. Результирующая таблица по двум температурным вариантам ОНВ отражающая изменение результирующего потока воды представлена ниже (Табл. 3). Так при снижении температуры подаваемого воздуха в БТЭ до 73 °С, что ниже рабочей температуры БТЭ, удается достигнуть наибольшего результирующего массового потока воды диффундирующего от влажной стороны УНВ к сухой стороне. Следовательно, при изменении температуры БТЭ необходимо корректировать температуру ОНВ.

Таблица 2. Параметры ОНВ, УНВ и КПД БТЭ при относительной влажности атмосферного воздуха 50% при температуре ОНВ 40 °С и температуре БТЭ 75 °С.

Толщина мембраны УНВ, мм	Длина трубок УНВ, мм	Площадь мембраны, м <sup>2</sup>	V влажной/сухой области, л	Точка росы вых. наддувочного воздуха из УНВ, °С	T на вых. из УНВ сухой объем, °С	φ наддувочного воздуха на вых. из УНВ, -	Средняя доля воды в мембранах БТЭ, -	КПД БТЭ, %
0,025	150	2,8	1,4 / 3,1	63,5	72,8	0,66	2,64	51,9
<b>0,025</b>	<b>300</b>	<b>5,65</b>	<b>2,8 / 6,2</b>	<b>71,2</b>	<b>73,1</b>	<b>0,92</b>	<b>2,72</b>	<b>52,2</b>
0,025	450	8,48	4,2 / 9,3	74,8	73,3	1,06	2,75	52,3
0,05	150	2,8	1,4 / 3,1	44,2	72,9	0,26	2,1	50,8
0,05	300	5,65	2,8 / 6,2	56,7	73,1	0,48	2,5	51,6
0,05	450	8,48	4,2 / 9,3	67	73,3	0,76	2,68	52,1
0,1	150	2,8	1,4 / 3,1	36,5	73,1	0,17	1,92	50,3
0,1	300	5,65	2,8 / 6,2	44,5	73,3	0,26	2,1	50,8
0,1	450	8,48	4,2 / 9,3	51	73,4	0,36	2,34	51,3

Таблица 3. Результирующий массовый поток воды с влажной стороны на сухую сторону УНВ в зависимости от температуры ОНВ.

Результирующий массовый поток воды, при температуре ОНВ 70 °С, г/с	Результирующий массовый поток воды, при температуре ОНВ 40 °С, г/с
2,2	7,4
1,2	11,3
6,4	13,8
1,1	2,1
9,6	4,9
3,1	8,9
0,6	1,0
1,1	2,1
1,6	3,4

Увеличение относительной влажности свыше 1, свидетельствует о конденсации молекул воды в подаваемом в БТЭ воздухе (точка росы также больше температуры наддувочного воздуха на выходе из УНВ), что нежелательно даже несмотря на более высокое КПД БТЭ из-за риска затопления. Что подтверждается работой [8], где было показано, что увеличение температуры на 1°С проницаемость мембраны УНВ повышается на 5%. Было заявлено, что проницаемость мембраны увеличивается с уменьшением толщины мембраны, давления и увеличением температуры и относительной влажности.

### Пониженная размерность БТЭ и УНВ

Для более детального анализа произведем дискретизацию УНВ и расчет пониженной размерности БТЭ 68 кВт для определения характера воздушного потока.

На рисунке 3 представлено схематичное представление УНВ, разбитого на 6 сегментов (длинной 50 мм), сегментирование позволяет наглядно определить в какой части УНВ происходит наибольший перенос молекул воды и теплоотдачи от влажного газа к наддувочному.

На рисунке 4, 5 изображены графики относительной влажности наддувочного воздуха и распределения массового потока молекул воды по длине УНВ соответственно. Как видно из представленных данных наибольший массовый поток воды через мембрану УНВ наблюдается на удалении 180 мм от входа УНВ (относительное положение 0,6), при этом прирост массовой доли воды в сегменте 6 наименьший из рассмотренных сегментов (рис. 6.).

Модель БТЭ пониженной размерности показывает распределение воды в катодном объеме БТЭ (рассматривается только активный объем БТЭ), из данных следует, что при номинальной работе на мощности 68 кВт, по мере продви-

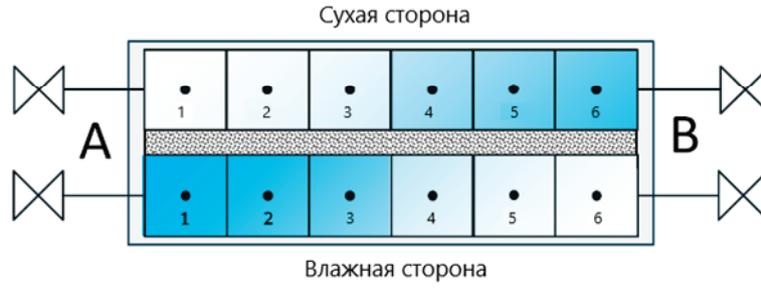


Рис. 3. Схема УНВ разбитого на 6 сегментов

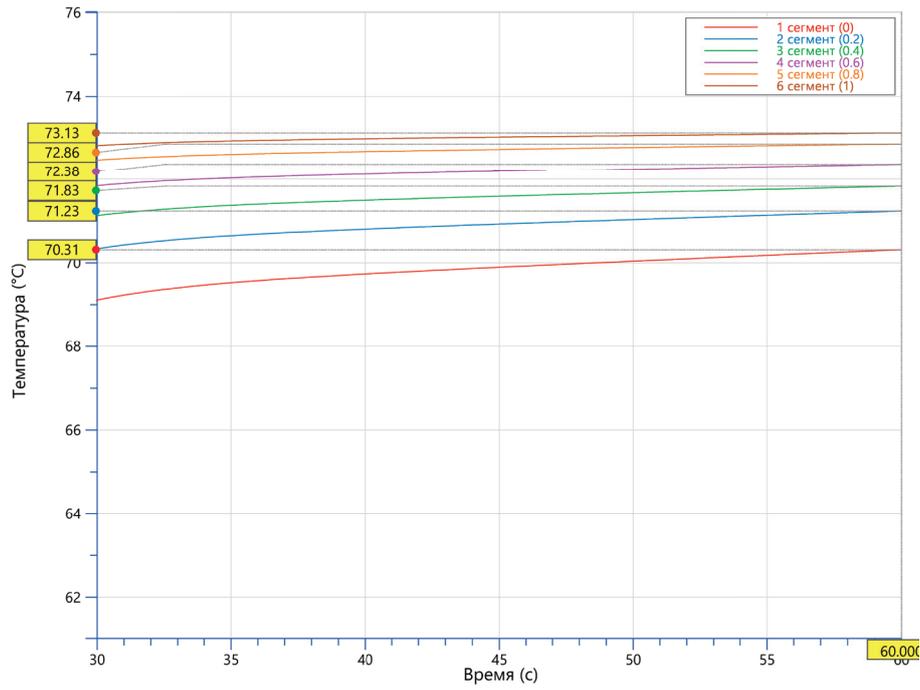


Рис. 4. Температура в сегментах УНВ

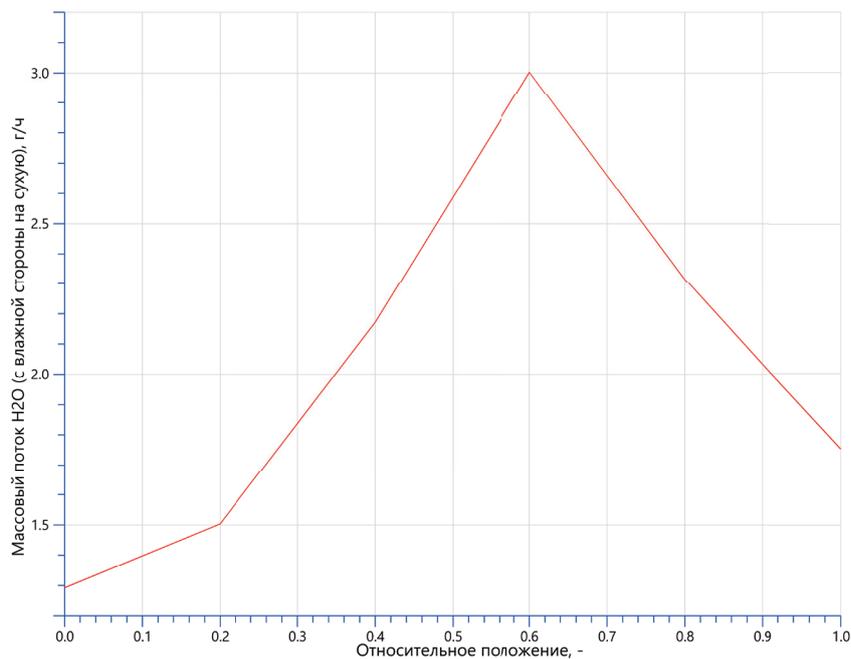


Рис. 5. Распределение по длине УНВ массового потока воды с влажной стороны на сухую сторону

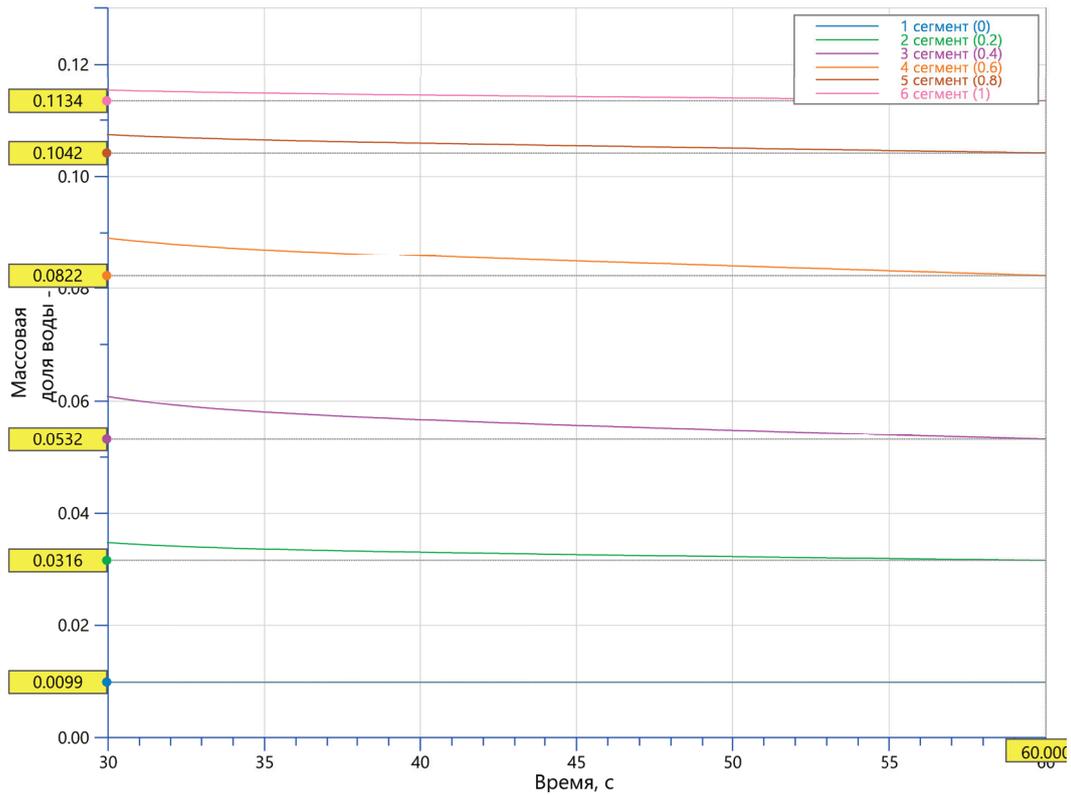


Рис. 6. Массовая доля воды в сегментах УНВ

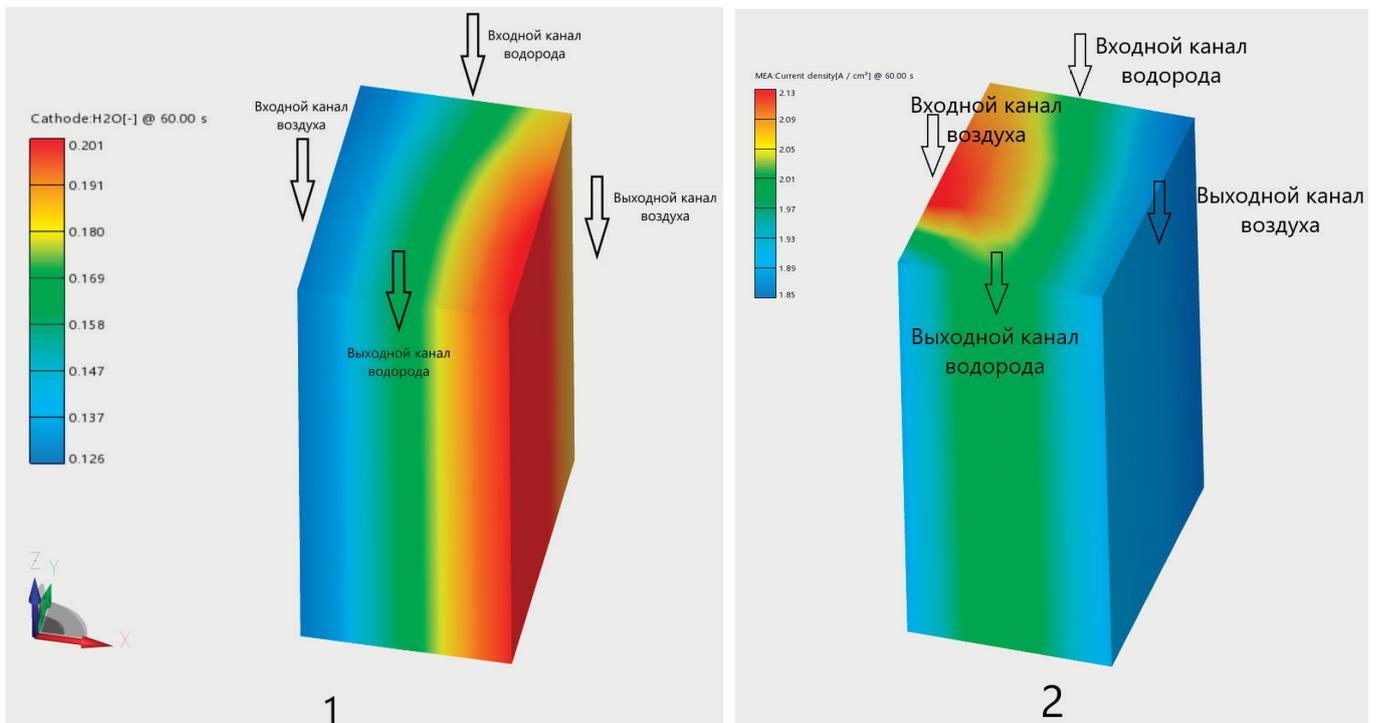


Рис. 7. (1) Массовая концентрация воды в катодном объеме БТЭ; (2) Плотность тока в МЭБ БТЭ

жения воздуха по каналам биполярных пластин массовая концентрация воды увеличивается до 0,2. Это способствует лучшему увлажнению МЭБ входящих в БТЭ и что способствует повышению КПД и уменьшению локальной плотности тока. Так на рис. 7. (2) наибольшая плотность тока наблюдается в зоне БТЭ с наименьшей концентрацией воды на катоде. Однако, если бы длина УНВ была 450 мм (3-й вариант в табл. 2), то происходил бы избыток и частичное затопление активного объема БТЭ.

## Выводы

В результате исследования была определена оптимальная температура ОНВ (40°C), до которой необходимо охладить нагнетаемый воздух перед УНВ, а также определили оптимальную толщину мембраны (0,025 мм), длину трубок (300 мм), что позволило повысить КПД БТЭ на 2,1% достигнув значения 52,3%.

При температуре ОНВ 40°C температура наддувочного воздуха на выходе из ОНВ составляла 70°C, при повышении температуры ОНВ до 70°C на выходе температура газов поднималась до 88°C что близко к верхней границе температуры подаваемого воздуха (90°C).

При повышенной температуре наддувочного воздуха, система термоменеджмента БТЭ номинальной мощностью 68 кВт, принимает дополнительную нагрузку, что снижает эффективность. Повышение температуры наддувочного воздуха также уменьшает скорость диффузии молекул воды в УНВ, тогда как относительная влажность подаваемого воздуха в УНВ не вносит столь существенного вклада в скорость диффузии. Также направление потоков газов в УНВ влияет на скорость переноса молекул воды, поэтому необходимо иметь встречный газовый поток.

При избыточно длинных трубках УНВ, возможен обратный перенос молекул воды на сторону выхлопных газов, тем самым не давая возможность увеличить относительную влажность в наддувочном воздухе, а также увеличиваются габариты изделия.

Результаты моделирования показали, что при изменении рабочей температуры БТЭ целесообразно также повышать температуру наддувочного воздуха при условии сохранения относительной влажности.

## Литература:

1. Dariusz Pyza, Paweł Gołda, и Ewelina Sendek-Matysiak, «Use of hydrogen in public transport systems», Journal of Cleaner Production, т. 335, с. 130247, фев. 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.130247.
2. H. Qusay и A. M. Abdulateef, «Renewable energy-to-green hydrogen: A review of main resources routes, processes and evaluation», International Journal of Hydrogen Energy, т. 48, вып. 46, сс. 17383–17408, май 2023, doi: 10.1016/j.ijhydene.2023.01.175.
3. Jiquan Han и Jianmei Feng, «A review of key components of hydrogen recirculation subsystem for fuel cell vehicles», Energy Conversion and Management: X, т. 15, с. 100265, авг. 2022, doi: 10.1016/j.ecmx.2022.100265.
4. Mads Pagh Nielsen and Anders Christian Olesen, «Modeling of A membrane based humidifier for fuel cell applications subject to end-of-life conditions», т. 55, 2014 г.
5. Sang-Kyun Park, Song-Yul Choe, и Seo-ho Choi, «Dynamic modeling and analysis of a shell-and-tube type gas-to-gas membrane humidifier for PEM fuel cell applications», International Journal of Hydrogen Energy, т. 33, вып. 9, сс. 2273–2282, май 2008, doi: 10.1016/j.ijhydene.2008.02.058.
6. D. Chen и H. Peng, «A Thermodynamic Model of Membrane Humidifiers for PEM Fuel Cell Humidification Control», Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, т. 127, вып. 3, сс. 424–432, окт. 2004, doi: 10.1115/1.1978910.
7. S. K. Park и S. Y. Choe, «Analysis of a shell-and-tube type gas-to-gas membrane humidifier for an automotive polymer electrolyte membrane fuel cell power system International Journal of Automotive Technology». Просмотрено: 24 сентября 2024 г. [Онлайн]. Доступно на: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12239-013-0049-4>
8. Van Khoi Phan и Xuan Linh Nguyen, «Experimental study on the mass transfer permeability of hollow fiber membranes for a humidifier in a proton exchange membrane fuel cell», International Communications in Heat and Mass Transfer, т. 157, с. 107725, сен. 2024, doi: 10.1016/j.icheatmasstransfer.2024.107725.

## Автоматизация процесса инвентаризации в складской логистике

Ширяева Ирина Анатольевна, студент магистратуры

Научный руководитель: Харисов Азамат Робертович, кандидат технических наук, доцент  
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (г. Екатеринбург)

*В статье автор исследует существующие способы осуществления процесса инвентаризации в складской логистике, а также применение современных технологий для автоматизации данного процесса.*

**Ключевые слова:** инвентаризация, автоматизация, складская логистика, управление запасами, беспилотные летательные аппараты.

**В**интегрированной логистической цепи эффективное движение материальных потоков невозможно без концентрации необходимых товарных запасов на местах хранения. Как организация, так и движение материальных

потоков в производственно-сбытовой цепи осуществляются с помощью входящей в состав транспортно-складской системы, узловыми пунктами которой являются склады, представляющие собой важную часть любой логистической системы. Складирование как логистическая функция играет важную роль в обеспечении сохранности и ценности материалов и продукции [2].

В настоящее время наблюдается тенденция по строительству новых складов, распределительных центров и других площадок для хранения материальных запасов. Наряду с задачей хранения материального запаса возникает процесс их управления, который предусматривает организацию контроля их фактического состояния на местах хранения. Одним из основных инструментов по управлению запасами является инвентаризация.

Инвентаризация — проверка фактического наличия запасов организации на местах их хранения необходимая для уточнения и выверки остатков. Инвентаризация проводится двумя способами: вручную или автоматизировано.

При ручной инвентаризации складские процессы останавливаются. В данном способе необходимо исключить все факторы, которые могут помешать точному подсчету запасов. На момент проверки все запасы должны быть «заморожены». Прекращается два основных процесса на складе — «вход» и «выход» товара. Не должно быть никаких поставок и отгрузок со склада, в противном случае подсчет товара будет некорректным. Сотрудник склада пересчитывает все остатки склада и фиксирует на бумажном носителе для дальнейшей сверки данных с системой учета.

Традиционные методы инвентаризации часто оказываются неэффективными и трудоемкими, что приводит к ошибкам и задержкам. В связи с этим автоматизация процесса инвентаризации становится необходимостью для современных предприятий.

Традиционные методы инвентаризации, такие как ручные подсчеты и бумажная документация, имеют ряд недостатков:

1. Человеческий фактор: ошибки, связанные с человеческим фактором, могут привести к неверным данным о запасах.
2. Временные затраты: ручная инвентаризация требует значительных временных ресурсов, что может нарушить рабочий процесс.
3. Низкая точность: часто возникают расхождения между фактическим наличием товаров и данными в системе учета.

Автоматизация инвентаризации подразумевает под собой в первую очередь пересчет остатков с помощью специального оборудования (терминала сбора данных, далее ТСД), а также быстрый обмен данными учетной системы и терминала.

Для автоматизации процесса инвентаризации используются различные технологии:

1. Штрих-коды: системы сканирования штрих-кодов позволяют быстро идентифицировать товары и обновлять данные в системе учета.

2. RFID (радиочастотная идентификация): эта технология обеспечивает автоматическое считывание информации о товарах на расстоянии, что значительно ускоряет процесс инвентаризации.

Большая часть складов использует автоматизацию процесса инвентаризации, которая предполагает наличие штрих-кода на товаре для последующего сканирования с помощью ТСД. Несмотря на то, что сотруднику склада нет необходимости вести подсчет на бумаге, сохраняется не только большой объем работы по выявлению расхождений, обнаруженных по результатам инвентаризации, но и повышенный риск для сотрудника склада.

Современные склады относятся к классу «А», которые имеют следующую характеристику. Современное одноэтажное складское здание, построенное по современным технологиям с использованием высококачественных материалов. Высота потолка от 10 м, позволяющая установку многоуровневого стеллажного оборудования.

Исходя из характеристики складов класса «А», наблюдаем, что при инвентаризации возникает сложность в подсчете товара, находящегося на верхних ярусах стеллажного оборудования. Для проверки данного товара необходим не только сотрудник склада, который умеет проводить инвентаризацию и прошел необходимый инструктаж по технике безопасности, но и также складская техника, в данной случае ричтрак с водителем.

Для высвобождения трудовых и технических ресурсов при проведении инвентаризации современные технологии предлагают использование беспилотных летательных аппаратов для полной автоматизации процесса инвентаризации в складской логистике.

Использование дронов для инвентаризации представляет технически продвинутое решение. Складские дроны оснащены множеством различных датчиков и используют технологии, которые обеспечивают точный и быстрый сбор данных о запасах на складе.

Дроны способны пролетать по узкопроходным рядам, а также залетать в труднодоступные области склада или временно закрытые для проезда. Один дрон может работать до 35 минут без замены аккумулятора, просканировав за это время 600–1200 паллет. Время сканирования составляет от 2 до 5 секунд, а замена аккумулятора занимает менее минуты. Склад может использовать одновременно несколько десятков таких дронов без риска столкновений.

Дроны оснащаются камерами и сканерами штрих-кодов, это позволяет сканировать уже существующую маркировку паллет без необходимости внесения в неё изменений, причём, маркировка может быть закрыта сверху несколькими слоями прозрачной упаковочной плёнки.

В 2021 году ИКЕА вместе с поставщиком искусственного интеллекта и робототехники — Verity запустила инновационное сотрудничество для разработки полностью автономного решения для дронов собственных складов и распределительных центров. Один из распределительных центров в Бельгии стал первым в мире местом, где роз-

ничный торговец вывел дроны с искусственным интеллектом на работу наравне с сотрудниками компании.

В 2022 году, а именно спустя год после запуска пилотного проекта, в магазинах ИКЕА в Бельгии, компания решила расширить внедрение использования дронов с искусственным интеллектом для управления запасами в распределительных центрах по всему миру. В настоящее время компания использует более 250 дронов специально разработанных совместно с компанией Verity для распределительных центров в 73 филиалах в девяти странах.

Отчеты The New York Times подчеркивают, что складские дроны помогают «снизить повторяющуюся нагрузку и риски травм, связанные с ручным трудом в логистике и операциях по выполнению заказов», предоставляя работникам более здоровую и безопасную рабочую среду. Этот сдвиг помогает коллегам избежать физических потерь от повторяющихся задач и долгих часов на ногах, что в конечном итоге повышает как удовлетворенность работой, так и здоровье в долгосрочной перспективе [1].

Компания ИКЕА послужила отличным примером по внедрению передовых технологий использования беспилотных летательных аппаратов при управлении запасами и для других компаний.

В Московской области расположены склады компаний: FMCG, Castorama, Amazon, которые также тестируют использование дронов для проведения плановых инвентаризаций. Руководство компании отмечают, что использование дронов сократило время инвентаризации, в среднем, на 75%, что позволяет им быстрее и точнее поддерживать актуальные запасы товаров.

Эффективность использования дронов по сравнению с традиционными методами инвентаризации можно проследить по следующим критериям:

1. Скорость. Сравнение скорости инвентаризации с использованием дронов и без них показывает значительное увеличение производительности. В среднем, дроны позволяют сократить время инвентаризации на 60–80% по сравнению с традиционными методами. В отдельных случаях, как видно из примеров выше, ускорение инвентаризации может быть многократным.

2. Точность. Эффективность дронов проявляется и в повышенной точности собираемых данных. Результаты показывают, что использование дронов увеличивает точность инвентаризации на 50–70%, что существенно снижает риск ошибок и несоответствий в учете товаров. Во время работы дроны могут записывать видео или делать фотографии сканируемых штрих-кодов, что дает возможность начать расследование ошибки сканирования, а часто — и сразу устранить ошибку, не снимая паллет.

3. Эффективность использования ресурсов. Дроны позволяют оптимизировать использование ресурсов, так как они могут работать автономно и выполнять инвентаризацию без большого количества человеческих ресурсов. Это позволяет сократить затраты на персонал и улучшить общую эффективность складских операций. Кроме высвобождения человеческих ресурсов, сохраняется моточас ресурс техники, которая при обычной инвентаризации вынуждена делать постоянные операции спуска-подъема паллет.

Использование дронов для инвентаризации в складской логистике демонстрирует не только потенциал современных технологий, но и конкретные практические преимущества для компаний. Реальные цифры эффективности показывают, что дроны позволяют значительно ускорить и улучшить процесс инвентаризации по сравнению с традиционными методами, что делает их важным инструментом в оптимизации складской логистики.

#### Литература:

1. IKEA is elevating human — AI-powered drone collaboration. — Текст: электронный // INGKA [сайт]. — URL: <https://www.ingka.com/newsroom/ikea-is-elevating-human-ai-powered-drone-collaboration/> (дата обращения: 01.12.2024).
2. Краснова, И. И. Логистика складирования: учебно-методическое пособие / И. И. Краснова, Т. Р. Кисель. — Минск: БНТУ, 2016. — 80 с.
3. Логистика складирования, снабжения и распределения: учебное пособие / Ю. В. Бородач, В. Ю. Припотень, Д. О. Бежан. — Алчевск: ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», 2020. — 245 с.
4. Оптимизация инвентаризации: использование дронов в складской логистике. — Текст: электронный // СИТЕК [сайт]. — URL: <https://sitec-it.ru/blog/robot/optimizatsiya-inventarizatsii-ispolzovanie-dronov-v-skladskoy-logistike/> (дата обращения: 01.12.2024).
5. Результативная инвентаризация товаров на складе — сокращение непредвиденных издержек компании. — Текст: электронный // EFSOL 2024: [сайт]. — URL: <https://efsol.ru/articles/efficient-warehouse-inventory-of-products/> (дата обращения: 01.12.2024).

# АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

## Навесные фасадные системы как инструмент энергосбережения и повышения энергетической эффективности зданий гражданского назначения

Булатов Ренат Адипович, студент магистратуры

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (г. Омск)

Жидко Елена Александровна, доктор технических наук, профессор

Воронежский государственный технический университет

*В данной статье рассмотрены навесные фасадные системы как энергоэффективные ограждающие конструкции. Рассмотрены основные достоинства и недостатки навесных вентилируемых фасадов, исследованы виды НВФ.*

**Ключевые слова:** навесные фасадные системы, техническое состояние, энергетическая эффективность, долговечность.

Энергосбережение и повышение энергетической эффективности является одной из важнейших государственных задач. В строительной отрасли проблема повышения энергетической эффективности вновь строящихся и реконструируемых объектов наиболее актуальна. Энергоэффективные ограждающие конструкции — это прежде всего конструкции с повышенными теплотехническими характеристиками. В современных реалиях вопрос о целесообразности их применения поднимается все чаще.

Одним из таких решений, получающих все большую популярность, является навесная фасадная система (НФС) с воздушным вентилируемым зазором. Она является одним из наиболее широко применяемых типов конструкции стен. Распространённость НФС объясняется положительными теплотехническими характеристиками, такими как устойчивость к любым атмосферным воздействиям, простотой монтажа и разнообразием облицовочных материалов и цветовых комбинаций [1].

НФС состоит из несущей или самонесущей конструкции, кронштейнов, направляющих, теплоизоляционного слоя, воздушного зазора, элементов облицовки и типов примыкания элементов фасада к конструкциям здания. Вспомогательные элементы — это уплотнители, декоративные планки, укладываемые между панелями, и некоторые другие. В качестве элементов заполнения НФС применяются плиты, панели, кассеты из керамики, керамогранита, натурального камня, композитных материалов и др.

На рис. 1 представлены типы зданий и сооружений, для которых применяются НФС.

В настоящее время технология вентилируемых фасадов уверенно занимает своё место на рынке облицовочных материалов. Навесной вентилируемый фасад

(НВФ) подходит для всех видов строительства и монтируются на здание практически без специальной предварительной подготовки объекта строительства [2,3]. Пригоден для реставрационных работ, в рамках которых обветшалые фасады зданий ремонтируются без значительных затрат.

Основной особенностью вентилируемого фасада является наличие между слоем утеплителя и облицовкой здания вентиляционного зазора с пониженным давлением в нём. Облицовочные материалы для системы НВФ: керамогранит, фиброцементные плиты, металлокассеты, композитные кассеты и панели, бетонная облицовка, клинкерная плитка, объемная керамика, искусственный камень, натуральный камень, кирпич, алюминиевые кассеты, HPL панели. В зависимости от используемого облицовочного материала применяются различные системы НВФ [4,5] (рис. 2).

Составная система НВФ подразумевает простую замену повреждённых в процессе эксплуатации элементов фасада. НВФ находятся на высоком уровне востребованности. Грамотное проектирование обеспечивает долгий срок эксплуатации облицовочной системы и экономию на отоплении и охлаждении помещений.

Популярность вентилируемых фасадов в профессиональной среде и среди самих потребителей предопределена эксплуатационными достоинствами навесных конструкций (рис. 9).

Можно выделить несколько недостатков НВФ (Рис. 10).

Но несмотря на недостатки, система НВФ является перспективной в силу большого количества достоинств, поэтому актуальным остаётся дальнейшее изучение её теплотехнических характеристик и поиск решений для снижения теплопотерь через мостики холода.



Рис. 1. Типы зданий и сооружений, для которых применяются НФС

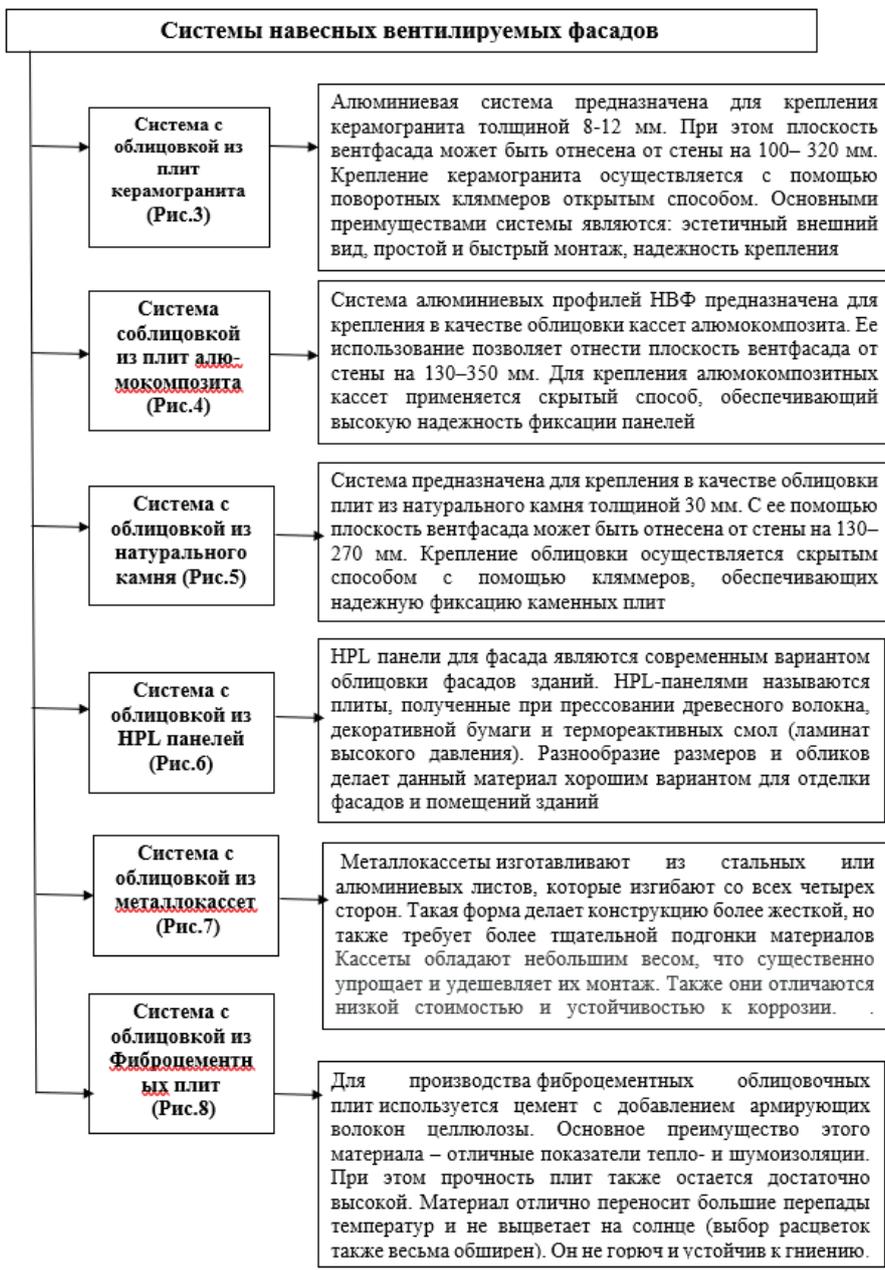


Рис. 2. Системы навесных вентилируемых фасадов



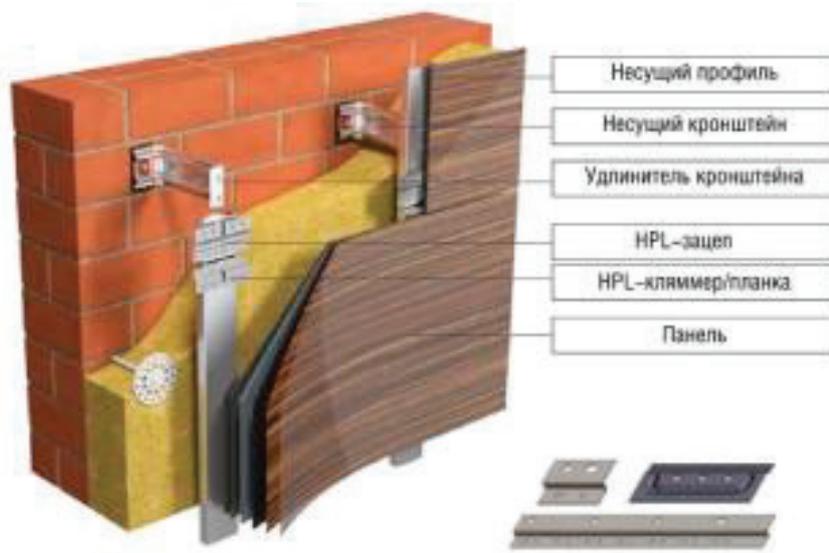


Рис. 6. Схема устройства НВФ с облицовкой HPL-панелями



Рис. 7. Система с облицовкой из металлокассет

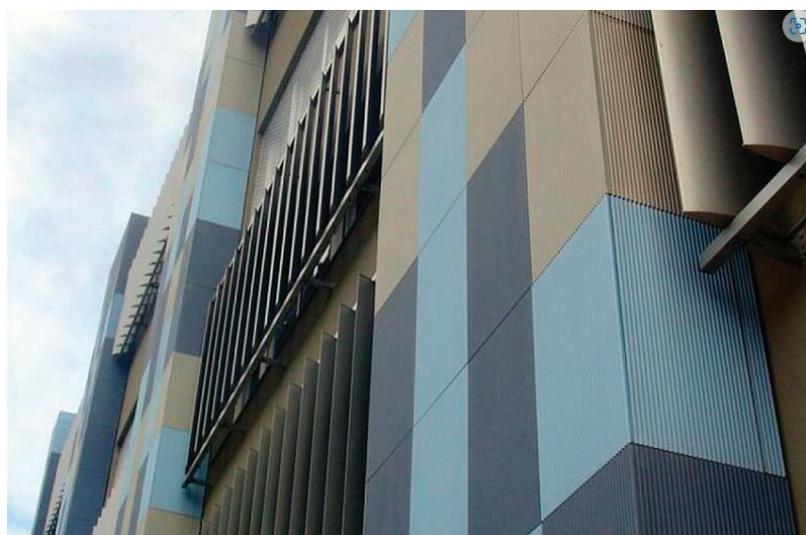


Рис. 8. Система с облицовкой из фиброцементных плит

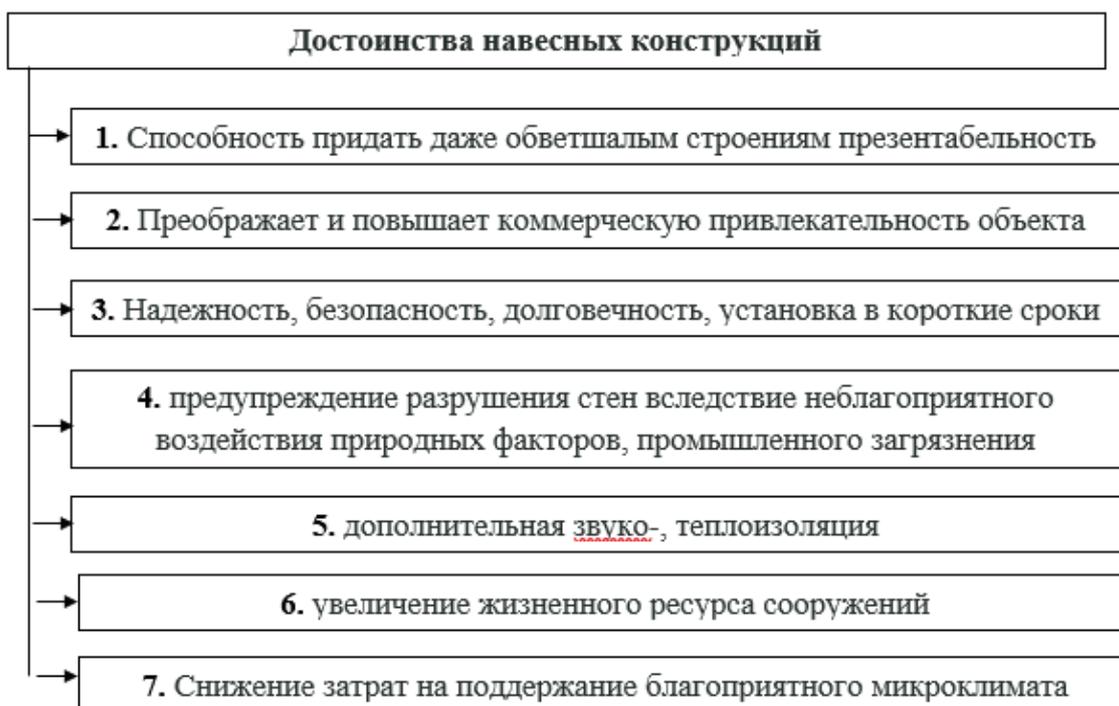


Рис. 9. Достоинства навесных конструкций



Рис. 10. Недостатки НВФ

Литература:

1. Туснина О. А., Емельянов АА. Теплотехнические свойства различных конструктивных систем навесных вентилируемых фасадов // Инженерно-строительный журнал. 2013 № 8(43). С. 54–63.
2. Иванова В. Р., Жидко Е. А. Выбор теплоизоляционного материала для реконструкции жилого дома по методу СААТИ. Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2019. № 4 (37). С. 41–51.
3. Костин Е. Н., Жидко Е. А. Технология «мокрого фасада» в энергоэффективной ограждающей конструкции. Научный журнал. инженерные системы и сооружения. 2018. № 3 (32). с. 55–58.
4. Жуков А. Д. Технология теплоизоляционных материалов. Ч. 2. Теплоэффективные конструкции.— М.: МГСУ.— 2011.— С. 2–248.
5. Жуков А. Д., Чугунков А. В., Жукова Е. А. Системы фасадной отделки с утеплением // Вестник МГСУ.— 2011.— № 1.— С. 279–283

## Зависимость веса образцов призм и кубов от процентного содержания и длины полипропиленового фиброволокна

Чупрова Екатерина Евгеньевна, студент магистратуры  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В статье автор пытается определить зависимость веса образцов призм и кубов от процентного содержания и длины полипропиленового фиброволокна.

**Ключевые слова:** полипропиленовое фиброволокно, дозировка, длина, вес, призмы, кубы, зависимость.

Добавление полипропиленовых волокон в состав бетона позволяет достичь требуемых физико-механических свойств, при этом снизив вес конструкций. Полипропиленовое волокно имеет наименьшую плотность среди других синтетических волокон [1].

Однако вопрос оптимальной дозировки фиброволокна остается открытым. Помимо дозировки, длина фиброволокна также играет важную роль.

Для исследования зависимости веса образцов от процентного содержания и длины волокна была разработана программа экспериментальных исследований, предусматривающая изготовление 38 опытных образцов призм и 8 кубов [2].

В представленной программе экспериментальных исследований рассматривается влияние наличия фибрового дисперсного армирования, размера и дозировки.

Схема экспериментальных исследований бетонных и фибробетонных опытных образцов приведена на рис. 1.

По полученным данным были построены графики зависимости веса образцов призм и кубов от увеличения процентного содержания полипропиленового фиброволокна рис. 2, 3.

Полученные результаты:

1. При увеличении процентного содержания фиброволокна в образцах призмах с длиной волокна 6 мм вес образцов составляет: 7838,20 г (97,49%), 7769,10 г (96,63%), 6242,40 г (77,64%), соответственно 1%, 2%, 3% содержание фибры. Где 8040,33 г (100%) вес образца без содержания фиброволокна.

2. При увеличении процентного содержания фиброволокна в образцах призмах с смесью фибры с длиной волокна 12 мм вес образцов составляет: 7990,48 г (99,38%), 7279,43 г (90,54%), 7037,95 г (87,53%), соответственно 1%, 2%, 3% содержание фибры. Где 8040,33 г (100%) вес образца без содержания фиброволокна.

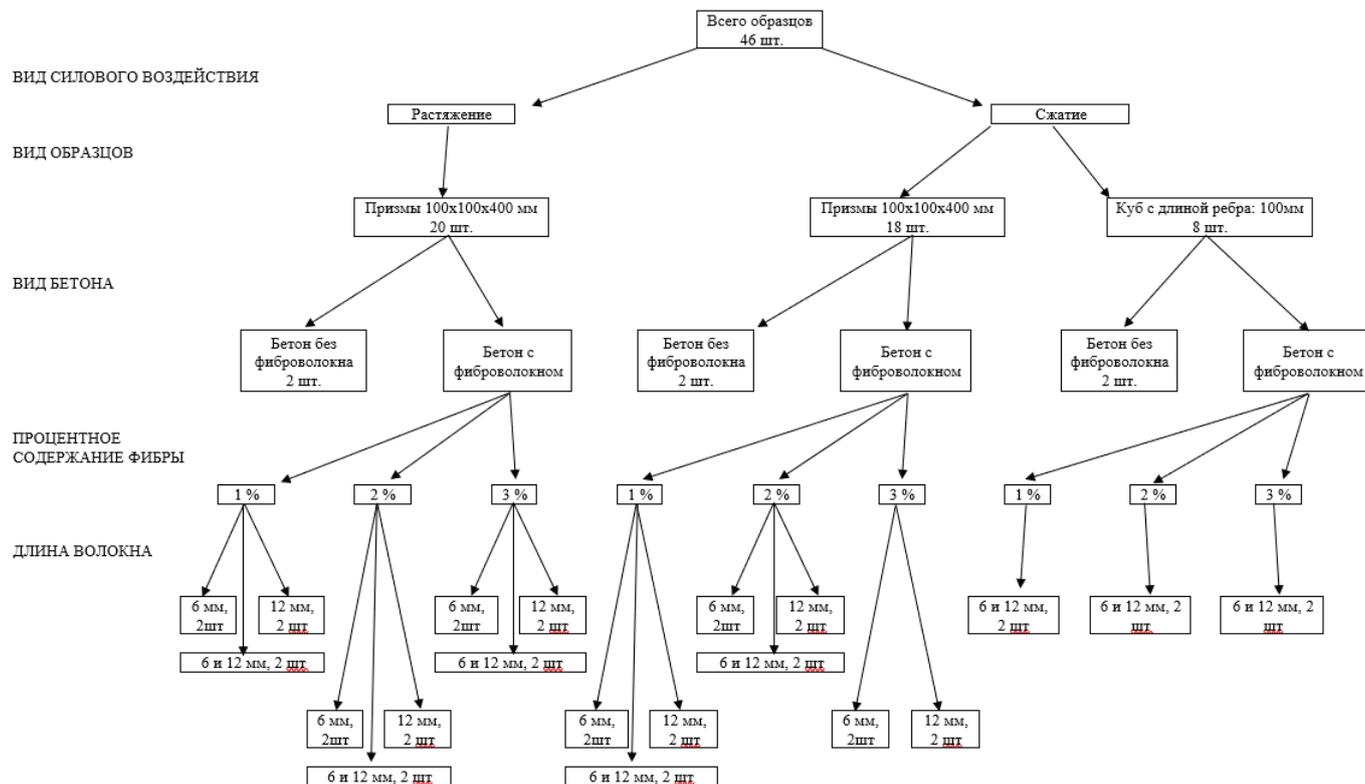


Рис. 1. Схема экспериментальных исследований бетонных и фибробетонных опытных образцов

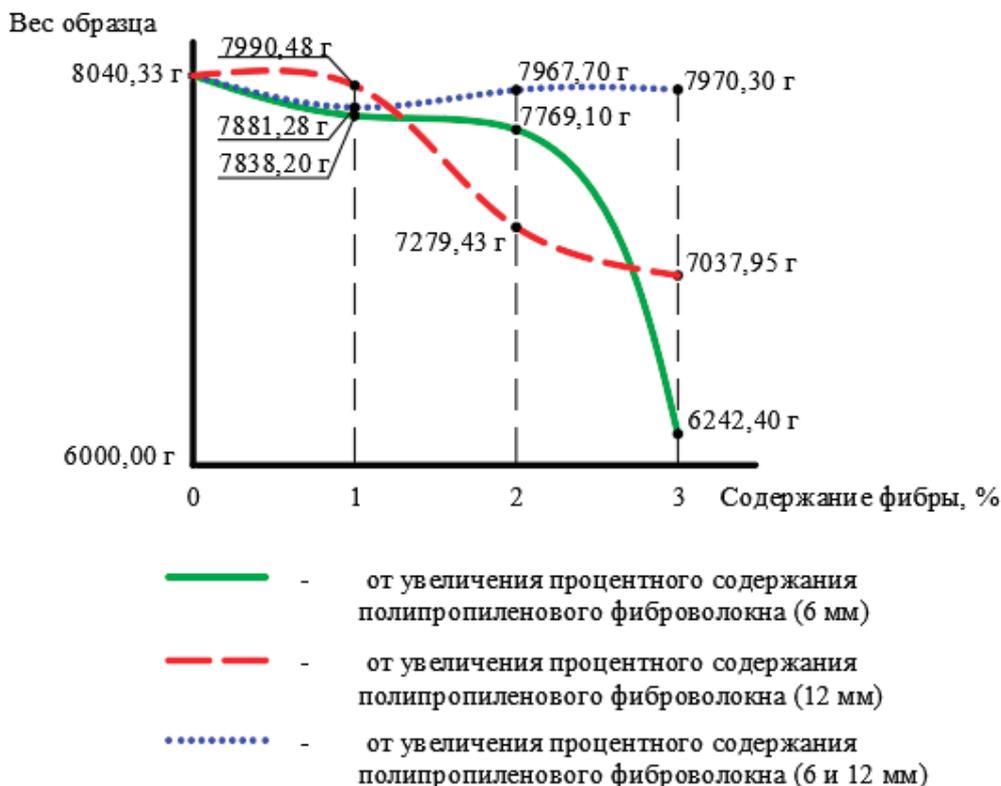


Рис. 2. Нелинейная зависимость веса образцов призм от увеличения процентного содержания полипропиленового фиброволокна

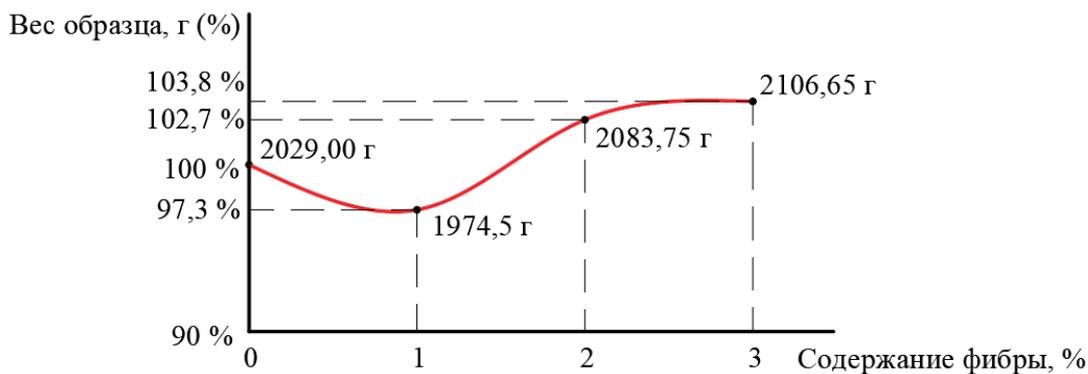


Рис. 3. Нелинейная зависимость веса образцов кубов от увеличения процентного содержания полипропиленового фиброволокна (6 и 12 мм)

3. При увеличении процентного содержания фиброволокна в образцах призмах с смесью фибры с длиной волокна 6 и 12 мм (равные пропорции по массе) вес образцов составляет: 7881,28 г (98,02%), 7967,70 г (99,10%), 7970,30 г (99,13%), соответственно 1%, 2%, 3% содержание фибры. Где 8040,33 г (100%) вес образца без содержания фиброволокна.

4. При увеличении процентного содержания фиброволокна в образцах кубах с смесью фибры с длиной волокна 6 и 12 мм (равные пропорции по массе) вес образцов составляет: 1974,50 г, 2083,75 г, 2106,65 г, соответственно 1%, 2%, 3% содержание фибры. Где 2029,00 г (100%) вес образца без содержания фиброволокна.

Выводы:

1. Наблюдается снижение веса образцов с увеличением содержания волокон длиной 6, 12 мм,
2. Образцы призмы с длиной волокна 6 мм, содержание фибры 3% имеют наименьшую массу 6242,40 г (77,64%),
3. Образцы призмы с длиной волокна 12 мм, содержание фибры 1% имеют наибольшую массу 7990,48 г (99,38%),
4. При этом смесь из волокон разной длины (6 и 12 мм) приводит к увеличению массы образцов. Эта зависимость так же наблюдается в образцах кубах.

Литература:

1. Рабинович, Ф. Н. Дисперсно-армированные бетоны / Ф. Н. Рабинович. — Москва: Стройиздат, 1989. — 92 с.
2. ГОСТ 10180–90 «Методы определения прочности по контрольным образцам». — М.: Стандартинформ, 2018. — 32 с.

## Инновационные методы диагностики состояния кирпичных стен перед их усилением

Шахмат Бекмырза Маратулы, студент магистратуры

Научный руководитель: Келемешев Алпысбай Джумагалиевич, кандидат технических наук, ассоциированный профессор  
Казахская головная архитектурно-строительная академия (г. Алматы, Казахстан)

*Статья посвящена инновационным методам диагностики состояния кирпичных стен перед их усилением. В ней рассматриваются современные неразрушающие технологии, которые позволяют эффективно и точно выявлять дефекты и ослабленные участки в кирпичных конструкциях, такие как трещины, пустоты, влажность и другие повреждения. Рассматриваемые методы диагностики позволяют точно определить параметры повреждений, что способствует выбору наиболее эффективных и безопасных методов усиления, минимизируя риски и повышая долговечность конструкций.*

**Ключевые слова:** ультразвуковая дефектоскопия, рентгеновская диагностика, инфракрасная термография, акустическая эмиссия, лазерное сканирование, 3D-моделирование, усиление конструкций, строительные дефекты, трещины, повреждения, влагостойкость.

До внедрения инновационных технологий диагностика состояния кирпичных стен часто ограничивалась визуальными методами обследования, такими как осмотр, оценка трещин и других видимых повреждений. Также использовались традиционные неразрушающие методы, включая ультразвуковое тестирование, радиографию и тесты на прочность с применением молотков. Однако такие методы часто не позволяли получить полную картину состояния стены и требовали значительных затрат времени и средств. В последние годы традиционные методы начали сочетаться с инновационными подходами, что значительно улучшило качество диагностики и повысило точность результатов.

**Ультразвуковая дефектоскопия (УЗД).** Ультразвуковая дефектоскопия является одним из наиболее распространенных и эффективных методов диагностики состояния кирпичных стен. Этот метод позволяет не только выявлять трещины и пустоты в материале, но и определять их глубину и протяженность. Ультразвуковые волны, проходя через конструкцию, изменяются в зависимости от плотности и структуры материала, что позволяет получить точные данные о внутренних дефектах, таких как поры, трещины, области ослабления или поврежденности.

Современные ультразвуковые системы могут работать в реальном времени, что позволяет получать оперативные результаты диагностики без необходимости разрушать конструкцию. Важно отметить, что ультразвуковая диагностика эффективна для оценки прочности кирпичной кладки и выявления скрытых дефектов, которые не всегда видны на поверхности.

**Рентгеновская и гамма-диагностика.** Рентгеновские и гамма-методы позволяют исследовать кирпичные стены без разрушения материала. Эти методы используются для анализа внутренних структурных изменений и выявления пустот или полостей, которые могут быть невидимы снаружи. Принцип действия основан на способности рентгеновских или гамма-лучей проникать через материал и изменять свою интенсивность в зависимости от плотности и состава конструкции.

Использование рентгеновских лучей позволяет точно и наглядно обнаружить дефекты, такие как трещины, расслоения и пористость в кирпичной стене, что существенно повышает точность оценки состояния и помогает выбрать наиболее эффективные методы усиления.

**Методы инфракрасной термографии.** Инфракрасная термография — это неразрушающий метод диагностики, основанный на измерении тепловых потоков, излучаемых с поверхности конструкций. С помощью инфракрасных камер можно выявить аномалии температурного поля, которые часто сигнализируют о наличии дефектов в материале, таких как трещины, утечка воды или нарушение связи между кирпичами.

Этот метод позволяет не только выявить повреждения в стенах, но и точно определить их расположение и протяженность. Также инфракрасная термография позволяет проводить диагностику в труднодоступных местах и даже в условиях ограниченного времени или плохой видимости.

**Электрические и магнитные методы.** Электрические и магнитные методы диагностики, такие как метод электри-

ческого сопротивления или магнитно-резонансная томография, используются для оценки влажности в кирпичной кладке и выявления ослабленных участков. Эти методы часто применяются для диагностики состояния кирпичных стен в условиях высокой влажности или воздействия воды.

Электрическое сопротивление позволяет оценить проводимость материала и определить его степень насыщения влагой, что важно для выявления участков, подверженных коррозии или разрушению. Магнитные методы помогают выявить внутренние дефекты, такие как пустоты, трещины или изменения в структуре материала, которые могут быть связаны с повреждениями, вызванными влажностью или другими внешними воздействиями.

**Использование лазерного сканирования и 3D-моделирования.** Лазерное сканирование — это высокотехнологичный метод, который позволяет создать точную трехмерную модель кирпичной стены, включая все её трещины, деформации и другие повреждения. Этот метод используется для получения высокоточных данных о геометрии и состоянии стен, что позволяет более точно планировать их усиление и оценить возможность применения различных методов восстановления.

Лазерное сканирование дает возможность не только выявить видимые дефекты, но и анализировать состояние всей конструкции в целом, что особенно важно при реставрации исторических объектов или при усилении стен в условиях высокой сейсмической активности.

#### Литература:

1. Андреев, В. А., & Доронин, И. В. (2018). Неразрушающие методы диагностики состояния строительных конструкций. *Строительные материалы и технологии*, 2, 45–51.
2. Беляев, С. Н., & Гусев, А. В. (2017). *Современные методы неразрушающего контроля в строительстве*. М.: Стройиздат.
3. Смирнов, Д. В. (2019). Использование современных методов диагностики для оценки состояния конструкций зданий. *Строительные технологии*, 7, 34–42.

**Методы акустической эмиссии.** Акустическая эмиссия представляет собой метод, основанный на регистрации звуковых волн, возникающих в материале при его разрушении или изменении структуры. Этот метод позволяет отслеживать прогресс разрушения кирпичной стены в реальном времени, выявлять появление трещин и их распространение.

Акустическая эмиссия используется для мониторинга состояния стен в процессе их эксплуатации, а также для оценки эффективности усиливающих мероприятий после их проведения. Это позволяет оперативно реагировать на изменения в состоянии конструкции и предотвращать дальнейшие повреждения.

#### Заключение

Инновационные методы диагностики состояния кирпичных стен играют важную роль в эффективном и безопасном процессе их усиления. Использование ультразвуковой дефектоскопии, рентгеновской диагностики, инфракрасной термографии, а также других высокотехнологичных методов позволяет точно и оперативно выявлять дефекты, оценивать их последствия и разрабатывать оптимальные стратегии усиления. Применение этих методов значительно повышает точность и безопасность работы, минимизирует риски и позволяет существенно продлить срок службы зданий и сооружений.

# Молодой ученый

Международный научный журнал  
№ 49 (548) / 2024

Выпускающий редактор Г. А. Письменная  
Ответственные редакторы Е. И. Осянина, О. А. Шульга, З. А. Огурцова  
Художник Е. А. Шишков  
Подготовка оригинал-макета П. Я. Бурьянов, М. В. Голубцов, О. В. Майер

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.  
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.  
При перепечатке ссылка на журнал обязательна.  
Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал размещается и индексируется на портале eLIBRARY.RU, на момент выхода номера в свет журнал не входит в РИНЦ.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г., выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

ISSN-L 2072-0297

ISSN 2077-8295 (Online)

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый». 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

Номер подписан в печать 18.12.2024. Дата выхода в свет: 25.12.2024.

Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

Почтовый адрес редакции: 420140, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Юлиуса Фучика, д. 94А, а/я 121.

Фактический адрес редакции: 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: [info@moluch.ru](mailto:info@moluch.ru); <https://moluch.ru/>

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.