



ПОЛОЦКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
имени Евфросинии Полоцкой

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой»

ПУТЬ В НАУКУ

Прикладные науки.
Строительство

Выпуск 59(129)

Текстовое электронное
издание

Новополоцк

2025

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой»

ПУТЬ В НАУКУ
Прикладные науки. Строительство

Электронный сборник научных трудов

Выпуск 59(129)

Текстовое электронное издание

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой
2025

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель:

доц., к.физ.-мат.н. Ю. Я. Романовский

Заместитель председателя:

к.пед.н. И. В. Бурая

Главный редактор проф., д.т.н. Д. Н. Лазовский

Зам. главного редактора доц., к.т.н. А. А. Бакатович

Геодезия:

доц., к.т.н. А. М. Дегтярёв

к.т.н. И. П. Шевелев

доц., к.т.н. В. В. Ялтыхов

Строительство. Архитектура. Дизайн:

доц., к.т.н. Д. Д. Жуков

доц., к.т.н. Е. Г. Кремнева

доц., к.т.н. Л. М. Парфёнова

к.т.н. А. М. Хаткевич

Трубопроводный транспорт и инженерные сети:

к.т.н. Ю. В. Вишнякова

доц., к.т.н. Т. И. Королёва

доц., к.т.н. Л. М. Спиридёнок

Путь в науку. Прикладные науки. Строительство [Электронный ресурс] : электрон. сб. науч. тр. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой, 2025. – Вып. 59(129). – URL: https://journals.psu.by/specialists_applied_sciences. ISBN 978-985-531-921-5.

Издается с 2014 года (в печатном виде – с 2004 г.). Обновляется 1 раз в год.

Переименован с 2024 г. (прежнее название «Электронный сборник трудов молодых специалистов Полоцкого государственного университета. Прикладные науки: строительство»).

В сборнике представлены публикации студентов Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой по направлениям прикладных исследований, проводимых в университете: геодезия, строительство, архитектура, дизайн, трубопроводный транспорт и инженерные сети.

Предназначен для работников науки, образования и производства, будет полезен студентам, магистрантам и аспирантам университетов технических специальностей.

Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.

Регистрационное свидетельство № 3671404562 от 30.11.2014 г.

Учредитель: учреждение образования «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой»

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь

тел. 8 (0214) 59 95 44, e-mail: vestnik@psu.by

Техническое редактирование, компьютерная верстка *И. Н. Чапкевич*.

Компьютерный дизайн обложки *Отдел по связям с общественностью*.

Подписано к использованию 05.11.2025. Объем издания: 5,4 Мб. Заказ 444.

Издатель и полиграфическое исполнение:

учреждение образования «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 27.05.2004.

**№ госрегистрации 3671404562
ISBN 978-985-531-921-5**

© Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой, 2025

ГЕОДЕЗИЯ

УДК 528.3:004.896

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОБРАБОТКЕ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ: ОТ BIM-МОДЕЛИРОВАНИЯ ДО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

В.А. СКАКУН, В.В. ГОРОВЕЦ
(Представлено: М.В. Волошина)

В статье рассматривается анализ современных технологических трендов для обработки геопространственной информации, в том числе искусственного интеллекта, внедрение BIM-технологий в качестве отраслевого стандарта информационного управления и оценке конкурентоспособности программного обеспечения (на примере программы «Спутник»).

Республика Беларусь активно интегрирует современные геодезические технологии в традиционные процедуры получения и обработки геопространственных данных. Внедрение инноваций поддерживается государственными программами, научными учреждениями и международным сотрудничеством.

Современные технологии в геодезии значительно расширили возможности точного измерения, анализа и визуализации пространственных данных.

Вот ключевые инновации и их применение:

искусственный интеллект в автономных дронах и LiDAR;

I и машинное обучение;

еб-ГИС и облачные платформы;

омпьютерное зрение в геодезии;

IM-технологии.

Рассмотрим их несколько подробнее.

Искусственный интеллект в автономных дронах и LiDAR. Автономные дроны, оснащенные искусственным интеллектом, способные самостоятельно преодолевать препятствия, становятся универсальным инструментом для различных отраслей благодаря своей гибкости и адаптивности.

Одним из примеров использования интеллектуальных технологий в геодезии является БПЛА, управляемый интеллектуальной системой, такими являются беспилотники SenseFly – это профессиональные роботизированные аэросъемочные дроны с управляемой посадкой, которые продуманы до мелочей для сбора геопространственных данных. Они являются самыми легкими и безопасными из существующих на рынке профессиональных дронов, просты в управлении и незаменимы для тех, кто работает в области геодезии, картографии и сельского хозяйства. Компания-разработчик SenseFly (Швейцария) [1].

Профессиональный картографический БПЛА SenseFly выполняет картографическую съёмку с высот 70 – 2000 м, создавая при этом изображения с детальностью снимка от 2 до 30 см на один пиксель на поверхности земли. Площадь покрытия за полёт – 10 км² в зависимости от высоты и разрешения [2].

Значительным достижением в области роботизированной геодезии является внедрение алгоритмов машинного обучения, способных к автономному совершенствованию без явного программирования. Данные подходы показывают повышенную эффективность при обработке объемных геопространственных данных, в частности – облаков точек, полученных с помощью **LiDAR-сканирования (Light Detection and Ranging)**. Алгоритмы машинного обучения способны автоматически распознавать и классифицировать объекты – здания, дороги, растительность – в массивах данных LiDAR, обеспечивая более высокую скорость и точность по сравнению с традиционными методами.

Однако для полноценного внедрения технологии предстоит решить ряд задач. Необходимы более надежные алгоритмы, стабильно работающие в сложных и разнообразных условиях, а также тщательная проверка их точности и эффективности в реальных условиях [3].

К примеру, лазерный сканер EFT SL1 способен измерять расстояния с высокой точностью, что обеспечивает точное представление окружающей среды. А технология RTD позволяет обрабатывать данные геодезистам в режиме реального времени и не тратить дополнительное время на обработку данных сканирования. Результат этих исследований в дальнейшем используются проектными организациями для создания точных моделей будущих конструкций и позволяют не упустить деталей в ходе проектирования [4].

AI и машинное обучение. Алгоритмы машинного обучения выявляют закономерности и определяют изменения за долю того времени, которое потребовалось бы человеку для обработки данных. Это позволяет командам сосредоточиться на сложных задачах и решениях проблем, а не на трудоемком анализе. Также возможно использование специализированных AI-ассистентов для помощи инженерам-геодезистам в поиске информации. ИИ позволяет производить:

1. Мониторинг и анализ окружающей среды – помогает мониторить изменения на поверхности Земли, отслеживать состояние сельскохозяйственных угодий, лесов и городов, а также анализировать климатические изменения.

2. Анализ спутниковых изображений: Компании используют ИИ для анализа спутниковых снимков для мониторинга изменений на поверхности Земли.

Веб-ГИС и облачные платформы. Веб-ГИС значительно изменили работу с геоданными, устраняя ограничения настольных систем – недостаточную мощность, нехватку хранилищ, трудности доступа и обмена. Теперь технологии обеспечивают новые возможности и широкий круг пользователей.

Примером геоинформационной системы служит программный продукт компании GEOSKAN ГИС Спутник. ГИС Спутник – это геоинформационная система, которая является эффективным инструментом визуализации и анализа разнородных пространственных данных. В программе доступны функции просмотра и трехмерного анализа облаков точек, ортофотопланов, матриц высот, 3D-моделей, растровых и векторных карт. Этот программный продукт помогает измерять расстояния на поверхности с учетом рельефа, кратчайшие расстояния и уклоны, рассчитать площади и измерить объем, сделать моделирование и построение профилей (рисунок 1).

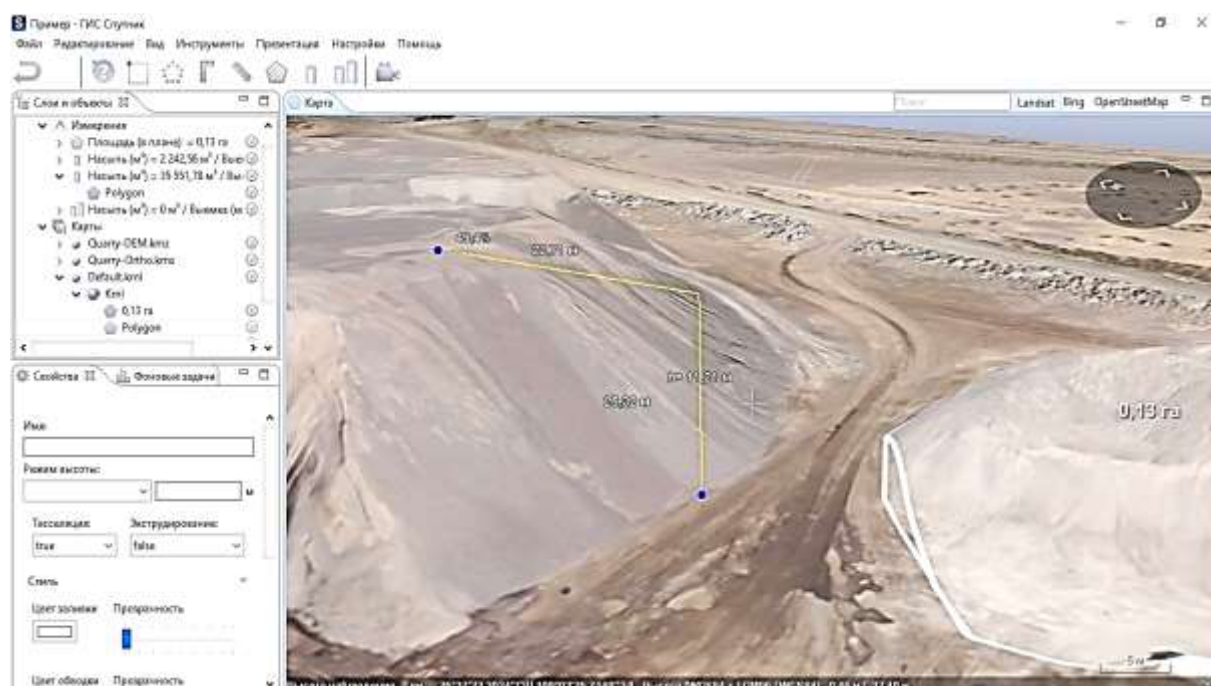


Рисунок 1. – Пример работы в ГИС Спутник

Компьютерное зрение в геодезии. Компьютерное зрение в геодезических изысканиях широко применяется в различных проектах и компаниях и реализуемых ими интересных проектов:

1. **Airbus Defence and Space** применяет компьютерное зрение для мониторинга изменений земной поверхности по спутниковым снимкам, отслеживая динамику сельхозугодий, лесных массивов и городской застройки.

2. **Trimble** интегрирует компьютерное зрение в геопространственные решения, комбинируя данные дронов, спутников и лидарных сканеров для построения точных цифровых моделей местности.

3. **Google Earth Engine** использует алгоритмы компьютерного зрения для обработки масштабных архивов спутниковой информации, они предоставляют инструменты для изучения изменений на поверхности Земли, мониторинга климатических изменений и других геодезических задач.

Эти компании и проекты демонстрируют важность и потенциал компьютерного зрения в геодезических изысканиях, а также его применение для решения сложных задач в области картографии, мониторинга окружающей среды и планирования градостроительства [5].

Что касается методологии виртуального моделирования строительства зданий, то она выражена в применении **BIM (Building Information Modeling или Building Information Model)**. Технология информационного моделирования зданий (BIM) позволяет создавать комплексные цифровые модели объектов, позволяет архитекторам, инженерам и строителям взаимодействовать и совместно работать над проектом, улучшая его качество и эффективность.

Виртуальное моделирование включает:

1. Имитацию строительного процесса для оптимизации этапов работ
2. Визуализацию проекта для согласования с заказчиком (позволяет создать реалистичные визуализации будущего здания)
3. Выявление рисков до начала реального строительства

Важным элементом является также использование дронов и беспилотных аэрокосмических систем (БПАС) для съемки и мониторинга объектов. БПЛА осуществляют аэрофотосъемку и мониторинг объектов, а алгоритмы компьютерного зрения автоматизируют обработку геоданных. Совместное использование геодезического оборудования, GPS и IoT-сенсоров обеспечивает сбор информации для создания цифровых двойников.

Данный подход позволяет значительно улучшить качество проектирования, сократить сроки и бюджет строительства, а также повысить безопасность работ.

Примеры программ для создания BIM-моделей:

1. **Renga** – российская программа для комплексного BIM-проектирования.
2. **ТИМ КРЕДО** – комплекс программных продуктов, нацеленных на работу с "землей". В продуктах CREDO можно разработать цифровую модель местности (ЦММ), спроектировать дороги, генеральный план, обработать данные геологических изысканий и лазерного сканирования местности. Предназначена для организации сквозной многоотраслевой технологии информационного моделирования и управления жизненным циклом объектов капитального строительства и прилегающих территорий.
3. **Bentley Systems** – Это целое семейство программных продуктов для выполнения самых разных задач. В него, помимо прочих, входят следующие современные средства создания BIM-моделей: OpenBuildings, Promise, ProStructures, PowerDraft.
4. **Tekla Structures** – Предназначена для BIM-моделирования бетонных и стальных конструкций (колонн, балок, перекрытий, ферм, лестничных клеток и т. д.) [6].

Важным результатом для внедрения BIM в Республике Беларусь стало введение в 2016 году СТБ 12911-2015 «Основные положения руководства по информационному моделированию зданий» [7] на основе международного стандарта.

За последние пять лет мы наблюдаем невероятный рост использования искусственного интеллекта (ИИ) в различных аспектах нашей повседневной жизни. Все технологические дисциплины и наука в целом не застрахованы от этой волны приложений. Так, в 2023 году Глобальная геодезическая система наблюдений (GGOS), исполнительный орган Международной ассоциации геодезии (IAG), сформировала рабочую группу или направление (AI4G) для изучения и продвижения применения ИИ в геодезии [8].

В результате проведенного исследования были систематизированы ключевые направления цифровизации геодезической отрасли. Было установлено, что интеграция искусственного интеллекта в процессы обработки геопространственных данных обеспечивает точность при решении задач классификации и прогнозирования. Одновременно с этим, внедрение BIM-технологий создает основу для информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла объектов. Практическая значимость работы заключается в выявлении перспективных направлений для развития отрасли, включая создание цифровых двойников территорий и разработку интеллектуальных систем поддержки принятия решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный сайт Ассоциации «ГЛОНАСС/GPS» [Электронный ресурс]. – URL: <https://gpscom.orgs.biz/> (дата обращения: 20.09.2025).
2. Технические характеристики БПЛА senseFly [Электронный ресурс]. – URL: <https://skymec.ru/company/manufacturers/sensefly/> (дата обращения: 21.09.2025).
3. Научный журнал «Вестник ГЛОНАСС» [Электронный ресурс]. – URL: vestnik-glonass.ru (дата обращения: 25.09.2025).
4. Геодезические изыскания для BIM-проектирования [Электронный ресурс]. – URL: <https://geotop.msk.ru/geodezicheskie-izyskaniya-dlya-bim.html> (дата обращения: 25.10.2025).
5. Применение искусственного интеллекта в геодезических изысканиях [Электронный ресурс]. – URL: <https://sppti.ooo/blog/inzhenernye-izyskaniya-geodezicheskie-izyskaniya-pod-upravleniem-ii-osobennosti-tekhnologii> (дата обращения: 29.10.2025).
6. Программы для BIM-моделирования [Электронный ресурс]. – URL: <https://tangl.cloud/poleznoe/programmy-dlya-bim-proektirovaniya/> (дата обращения: 01.10.2025).
7. Основные положения руководства по информационному моделированию зданий: СТБ ISO/TS 12911-2015. – Введ. 01.03.2016 – Минск: РУП "Стройтехпром", 2015. – 43 с.
8. Soja B. Artificial Intelligence in Geodesy [Электронный ресурс]. – URL: <https://sigmma.xyz/benedikt-soja-artificial-intelligence-in-geodesy/> (дата обращения: 01.10.2025).

УДК 528.3:004.896

РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО AI-АССИСТЕНТА ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ-ГЕОДЕЗИСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ RAG-ПОДХОДА И ВЕКТОРНЫХ БАЗ ДАННЫХ

В.А. СКАКУН, В.В. ГОРОВЕЦ
(Представлено: М.В. Волошина)

В статье рассматривается актуальная проблема недостаточной персонализации и адаптации универсальных AI-решений, таких как ChatGPT, к профессиональным задачам. В ответ на существующие ограничения предложена концепция и реализован прототип специализированного AI-ассистента для инженеров-геодезистов.

В последние годы искусственный интеллект все активнее внедряется в здравоохранение, образование, промышленность и другие сферы. Такие инструменты, как ChatGPT, помогли компаниям оптимизировать рабочие процессы, улучшить взаимодействие с клиентами и повысить общую эффективность. Это ускорило развитие целых отраслей, включая IT, кибербезопасность и маркетинг, где AI-инструменты используются для автоматизации поддержки, создания контента и множества других задач. Однако с ростом интереса к ChatGPT компании начали сталкиваться с его ограничениями. Среди ключевых проблем – перегрузка сети в часы пиковых нагрузок, ограниченное количество бесплатных запросов и отсутствие узкоспециализированных функций.

Одна из самых важных проблем – недостаточная персонализация контента. Ответы, генерируемые ChatGPT, часто ограничиваются общими фразами и не содержат специфики, необходимой для выполнения сложных задач. Кроме того, стиль текста может создавать ощущение «роботизированной» речи. Пользователи замечают повторяющиеся синтаксические конструкции, кальки с английского языка и лексические шаблоны, которые характерны для модели, обученной преимущественно на англоязычных данных. Из этого можно сделать вывод, что для написания технической документации или обработки сложных данных специализированные инструменты окажутся более точными и эффективными [1]. Вследствие чего возникает задача создания специализированного AI-ассистента, который будет выполнять свои функции в определенной области.

AI-ассистент – это система на основе искусственного интеллекта (ИИ), которая взаимодействует с пользователем через голосовые или текстовые команды. Примером популярных виртуальных помощников являются Siri от Apple, Alexa от Amazon, Google Assistant от Google и Алиса от Yandex. Эти программы помогают пользователям управлять устройствами, искать информацию, планировать встречи, контролировать умный дом и т.д. AI-ассистентов можно разделить на несколько основных групп:

1. Чат-боты – это помощники с искусственным интеллектом, которые взаимодействуют с пользователями через интерфейсы чата.

2. Голосовые ассистенты наподобие Алисы или Ок Google отвечают на голосовой запрос.

3. Аватары с искусственным интеллектом – это графические или анимированные изображения помощников с искусственным интеллектом. Они обычно используются в приложениях и веб-сайтах для обеспечения интерактивного и визуально привлекательного взаимодействия.

4. Специализированные виртуальные помощники предназначены для оказания поддержки в конкретных отраслях или задачах. Например, виртуальный ассистент в сфере геодезии может помогать обрабатывать данные дистанционного зондирования Земли [2].

Существует множество платформ, позволяющих создавать и внедрять AI-агентов:

1) n8n – платформа no-code автоматизации, где можно собирать агентов с доступом к API, ИИ и логике принятия решений.

2) Make – визуальный конструктор сценариев. Позволяет связывать ИИ-модели, базы данных, чаты и CRM-системы в автоматические цепочки.

3) LangChain и CrewAI – для построения сложных логик на базе LLM. Подходят тем, кто работает с продвинутыми сценариями.

4) AutoGPT, Superagent, IBM Watsonx, Botpress – инструменты для создания более автономных решений с возможностью обучения и масштабирования [3].

В статье предлагается создание AI-ассистента для инженеров-геодезистов. Цель AI-ассистента: помогать инженерам-геодезистам в быстром поиске ответов на возникающие вопросы, с использованием действующих нормативных документов Республики Беларусь. Для поиска ответов AI-ассистент использует способ RAG. RAG (Retrieval Augmented Generation) (Генерация, дополненная поиском) – это способ работы с нейросетями, при котором генерация ответа LLM (большой языковой модели) осуществляется на основе данных, полученных в результате поиска в собственной базе данных (знаний). Для начала работы был создан Telegram Bot «GeoNorm» с помощью сервиса BotFather. В качестве платформы для автоматизации процессов был использован сервис n8n.

Для подключения базы знаний использовался сервис Pinecone, который является платформой векторной базы данных, разработанной для поддержки приложений искусственного интеллекта (ИИ). Все сервисы были объединены на платформе n8n. На рисунке представлена схема работы разработанного нами прототипа AI-ассистента для инженера-геодезиста (рисунок 1).

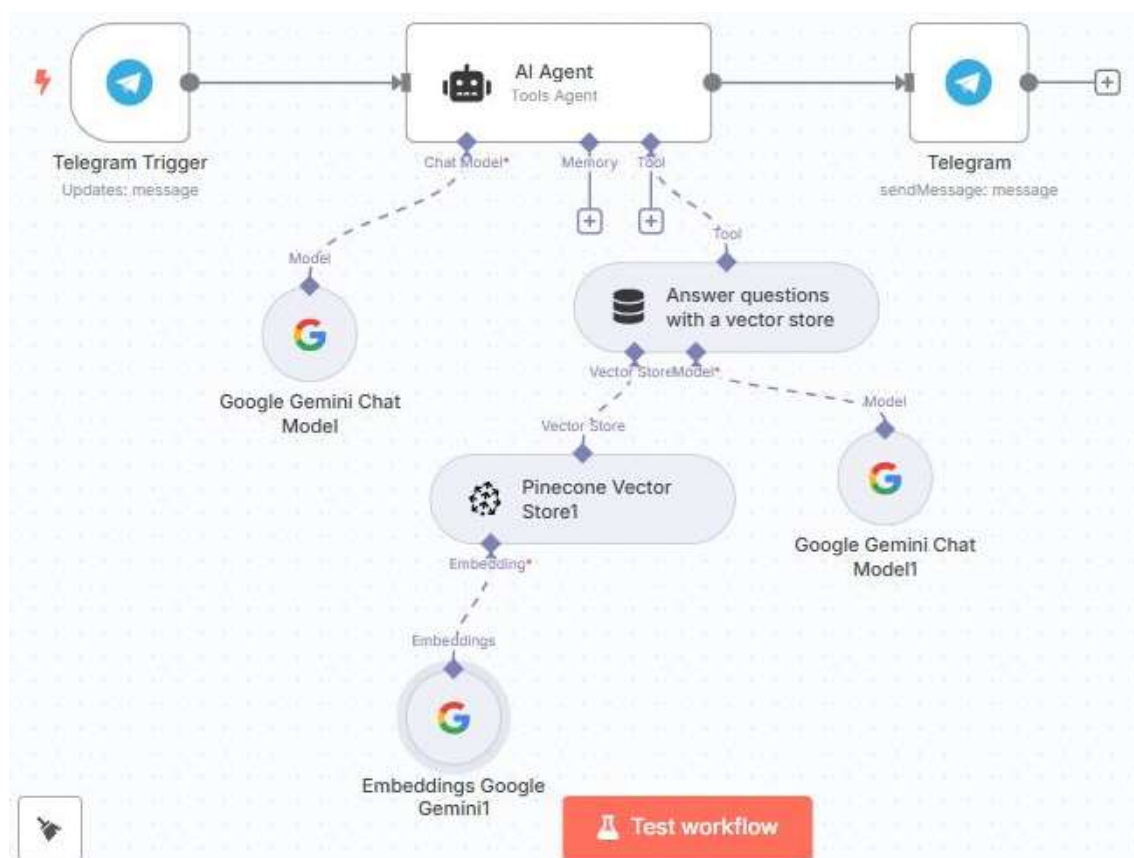


Рисунок 1. – Схема работы AI-ассистента

Схема работает по следующему принципу. В телеграмм бот поступает сообщение от пользователя с вопросом, в сервисе n8n срабатывает триггер, и текст сообщения попадает в ноду AI Agent в которой текст проверяется на соответствие требованиям (для AI Agent написан промт в котором указана роль ассистента, т.е. данный ассистент является помощником для инженера-геодезиста и отвечает на вопросы связанные с геодезией, топографией, инженерными изысканиями, расписаны правила и требования к ответам на вопросы, запрещен ответ на вопросы не связанные с геодезией, расписаны действия если вопрос на ответ не будет найден в базе данных).

Далее нода AI Agent обращается к векторной базе данных, которая содержит информацию, на основе которой AI-ассистент будет отвечать на вопросы.

Для создания базы данных (базы знаний) был создан дополнительный проект в сервисе n8n. Его суть заключается в том, чтобы любые файлы преобразовывать в векторные данные и загружать в векторную базу данных Pinecone.

Нами был загружен нормативный документ Республики Беларусь СН 1.02.01-2019 Инженерные изыскания для строительства [4] в специальную ноду, которая с помощью модели нейросети Google Gemini преобразовывает текст в векторы и загружает в виде таблицы на сервис Pinecone. Это делается по причине того, что нейросети не умеют читать наши тексты в общечеловеческом представлении. Например, отправляя запрос в любую из нейросетей, происходит следующее:

1. Нейросеть принимает текст;
2. Трансформирует этот текст в векторы (эмбединги);
3. Использует эти эмбединги для генерации ответа на основе обученных параметров модели;
4. Делает вычисления;
5. Получает ответ в виде эмбединга;
6. Трансформирует эмбединг в человеческий текст (Natural Language);
7. Отправляет нам человеческий текст.

Если коротко, то векторная база данных – это представление текстовых или байтовых данных в числовом формате, точнее – в виде векторов. Для примера, слово «привет» в векторном представлении будет иметь следующий вид $[-0.012, 0.124, -0.056, 0.203, \dots, 0.078]$ [5]. К примеру, при обычном поиске информации в тексте, будет происходить поиск точных совпадений слов, т.е. запрос «автомобиль» не найдет «машина». При поиске по эмбедингам осуществляется сопоставление слов по смыслу: «автомобиль», «машина», «транспорт» будут рядом в числах, и база их свяжет.

Загруженный PDF-файл с нормативным документом, в котором содержалось 112 страниц занял в базе данных 684 строки, в каждой из которой по 700 символов.

На следующем этапе AI Agent обращается к векторной базе данных, в которой модель нейросети Google Gemini ищет эмбединги и затем передает эти данные другой модели, которая уже оформляет ответ. После этого текст с ответом отправляется пользователю в чат Telegram Bot «GeoNorm».

Был проведен эксперимент, в рамках которого был задан один и тот же вопрос ChatGPT и созданному нами AI-ассистенту «GeoNorm», работающему на базе Telegram (рисунок 2). Результаты подтвердили нашу гипотезу: ChatGPT предоставил общий, неконкретный ответ, который не всегда соответствовал действительности, тогда как наш AI-ассистент дал точный и корректный ответ в соответствии с нормативным документом. Это стало возможным благодаря его обучению на специализированных данных по геодезии и использованию собственной базы знаний для генерации ответов.

Геодезической основой при инженерно-геодезических изысканиях в плановом положении служат (для ответа используй СН 1.02.01-2019):

Согласно СН 1.02.01-2019 «Инженерные изыскания для строительства»,

геодезической основой при инженерно-геодезических изысканиях в плановом положении служат:

- пункты государственной геодезической сети (ГГС);
- пункты местной (производственной) геодезической сети;
- пункты съемочного обоснования, создаваемого специально для изысканий на объекте.

Эти пункты обеспечивают координатное закрепление съемки и служат опорой для точного определения планового положения объектов на местности.

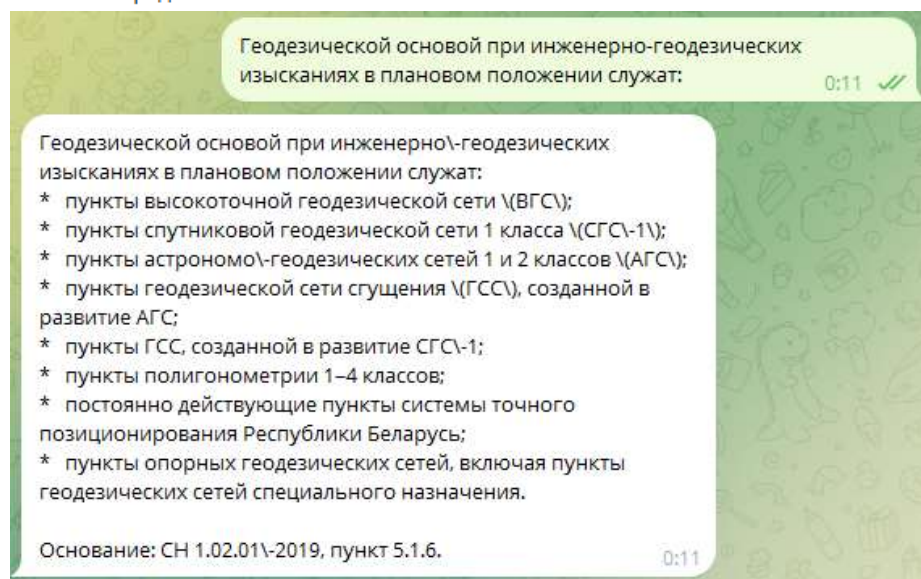


Рисунок 2. – Пример ответа ChatGPT (сверху) и ответа AI-ассистента «GeoNorm» в Telegram боте (снизу)

Преимущества использования AI-ассистентов:

1. Экономия времени и ресурсов;
2. Повышение продуктивности и уменьшение ошибок;
3. Индивидуализация и адаптация;
4. Доступность 24/7.

В результате проделанной работы был реализован прототип специализированного AI-ассистента «GeoNorm», ориентированного на нужды инженеров-геодезистов. Использование RAG-подхода и векторной базы данных позволило обеспечить релевантные и точные ответы на основе локального нормативного документа. Такая система демонстрирует высокую эффективность в профессиональной среде, снижает затраты времени на поиск информации и повышает точность принимаемых решений. Разработка подтверждает целесообразность создания узкоспециализированных AI-решений, адаптированных к конкретной отрасли, и открывает перспективы масштабирования в смежные инженерные направления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вокруг да около ChatGPT: AI-ассистенты, о которых вы могли не слышать [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/companies/documenterra/articles/877304/> (дата обращения: 19.09.2025).
2. Как создать своего ИИ Ассистента [Электронный ресурс]. – URL: <https://vc.ru/marketing/1411401-kak-sozdat-svoego-ii-assistenta> (дата обращения: 22.09.2025).
3. AI-агенты. Где создавать и отличия от AI-ассистентов. [Электронный ресурс]. – URL: <https://vc.ru/ai/2032193-ai-agenty-i-otlichiya-ot-ai-assistentov> (дата обращения: 29.09.2025).
4. СН 1.02.01-2019 Инженерные изыскания для строительства.
5. Личный ИИ-ассистент на ваших данных. Часть 1: Векторная база ChromaDB + DeepSeek | GPT [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/companies/amvera/articles/897830/> (дата обращения: 30.09.2025).

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА. ДИЗАЙН

УДК 721.012

ДИЗАЙН КАК МЫШЛЕНИЕ, СВЯЗЫВАЮЩЕЕ УТИЛИТАРНОЕ И ЭСТЕТИЧЕСКОЕ**Я.В. АЛЕШКОВСКАЯ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Д.Д. Жуков)*

Статья раскрывает дизайн как мышление, связывающее утилитарное и эстетическое. Рассматривается его роль в культуре, решении задач и улучшении качества жизни через проектирование гармоничных систем. Дизайн предстаёт уникальным видом искусства, отражающим и трансформирующим реальность.

Существует множество направлений дизайна. Например, радикальный, эко, моушн-дизайн (анимационный дизайн) и другие. В мире, где мы пользуемся транспортом, приложениями, предметно-пространственной средой, бытовыми приборами, ходим по городу, на выставки, в рестораны, не обойтись без дизайна и его множественных проявлений. Дизайн помогает решать проблемы, упрощает наш быт, способствует скорости ориентирования в пространстве и вместе со всем этим повышает качество жизни.

Прекрасным примером дизайна, который совмещает в себе множество перечисленных достоинств, можно назвать систему указателей в нью-йоркском метро (рисунок). Поездки в метро – это весомая часть повседневной жизни большинства жителей больших городов. Авторами решения являются Массимо Вигнелли (ит. Massimo Vignelli) и Боб Ноорда (нид. Bob Noorda), они использовали простой шрифт и разноцветные точки для объединения станций. Систему внедрили в 1970 году, она остается легкой для понимания и эффективной по сей день [1, с. 9].



Рисунок. – Указатели в метро Нью-Йорка

Таким образом, дизайн упрощает использование метро, но помимо этого такая систематизация транспорта воплотила идеи мэрии Нью-Йорка того времени, отметив переход городского метро от частных веток к государственной собственности. Из этого примера видно: наряду с тем, что дизайн является проектной деятельностью, он еще служит отражением культуры и средством ее преобразования. Дизайн становится интерпретатором, своеобразной призмой, которая, используя цвета, формы, звуки, материалы, преобразовывает ментальное в материальное.

Основная задача дизайна вполне ясна – решать проектные задачи, интерпретировать, упрощать, улучшать свои объекты, но что же такое сам дизайн, если заглянуть вглубь этого сложного явления?

Легендарный практик и теоретик, в определенном смысле народный дизайнер Виктор Папанек (англ. Victor J. Papanek) написал: *«Все люди – дизайнеры. Все, что мы делаем, практически всегда – дизайн, ведь проектировать свойственно человеку в любой его деятельности. Планировать свои действия в соответствии с поставленной целью составляет суть дизайна. Любая попытка выделить дизайн в нечто обособленное, превратить его в вещь-в-себе работает против дизайна как первичной базовой матрицы жизни»* [2, с. 16].

Интересно, что своеобразно подтверждает эту мысль Всемирная организация дизайна (англ. World Design Organization), так как дает определение только промышленного дизайна, но не дизайна в целом. Оно в своей начальной части таково: *«Промышленный дизайн – это стратегический процесс решения проблем, который стимулирует инновации, позволяет строить успешный бизнес, а также ведет к улучшению качества жизни через инновационные продукты, системы, услуги и опыт»*.

Таким образом, мы приходим к тому, что, скорее всего, самая подходящая дефиниция дизайна – это наиболее обобщенное описание его сути. Если же рассматривать грани дизайна, то, например, с точки зрения искусствоведения, получается: *дизайн – это бифункциональное искусство архитектурного типа* [3, с. 293], причем, стоит добавить, постиндустриального и информационного общества.

В свою очередь отличительной чертой искусства является то, что оно способно побуждать людей испытывать эмоции, выходить за рамки обыденного, становиться значительнее. Все это можно назвать его основной задачей. Искусство делает для нас доступным опыт, который мы не проживали, эмоции, которые не испытывали, пейзажи, которые не видели. Искусство позволяет нам прикоснуться к внутреннему миру автора, донося до нас суть его произведения в первозданном виде. Но интерпретировать то, что видит зритель – это не задача искусства, а задача самого зрителя. Любому виду искусства присущи средства художественной выразительности. Например, для изобразительного искусства – это линия, точка, пятно и т.д. К средствам художественной выразительности поэзии, тоже полезным для дизайна, можно отнести систему тропов – развернутого метафорического языка.

Именно такие и другие художественные средства, или инструменты, и являются основным связующим звеном между искусством и дизайном. Основной язык коммуникации дизайнера как специфического художника и «чистого» художника с обществом – это образы, которые, в свою очередь, пробуждают ощущения, вызывают эмоции, мотивируют действия. Инструментами для создания образов могут быть линии, пятна, цвета, пластика, ритм и т.д. Если рассматривать искусство как проявление воздействия создателя его произведения на зрителя с помощью образов, то нечто подобное происходит и в дизайне как бифункциональном искусстве. Только в данном случае коммуницируют друг с другом дизайнер и потребитель.

Важнейшая часть проектной работы дизайнера – это компоновка форм элементов в целостную гармоничную систему, создание универсальной, инклюзивной среды в любых пространствах, будь то информационное поле или предметно-пространственная среда. Необходимым условием для достижения гармонии является грамотная композиция. Также композицию используют во всех видах искусства. Основные ее законы – это целостность, равновесие и взаимосвязь. Именно по этим законам дизайнер проектирует интерьер, создает логотип, верстает книгу, художник пишет картину, поэт – стихи, а композитор – музыку.

Возникает вопрос: как так произошло, что дизайн использует те же средства художественной выразительности, следует тем же законам искусства, но будто стоит особняком от живописи, поэзии, музыки и других видов монофункционального искусства?

Многие дизайнеры (в современном понимании) XX века не называли себя дизайнерами. Они говорили о себе как о художниках-конструкторах, декораторах интерьера, архитекторах интерьера. Дело в том, что «дизайнеры» первой половины XX в., которые обучались в «Баухаусе» и ВХУТЕМАСе, несмотря на революционность обучающих программ, форму и структуру преподавания, была в определенной степени ориентирована на ремесленничество – правда, не только отвечавшее тогдашним индустриальным реалиям, но и заглядывавшее в будущее – с улучшенными, осовремененными эстетическими качествами плодов такого нового ремесленничества.

Из манифеста «Баухауса»: *«Давайте создадим новую гильдию ремесленников, без классовых различий, которые возводят барьер несомерия между ремесленником и художником»* [4].

«Баухаус» признавал ремесленничество как важную составляющую образования и позволял студентам получать базовое художественное образование и специализироваться в освоении различных материалов, таких как стекло, текстиль, керамика и другие.

Заметим, что художник из сферы прикладного искусства (художник-ремесленник, художник-прикладник) и промышленный дизайнер в нынешние времена имеют разные области деятельности. Промышленный дизайнер занимается проектированием предметов массового производства, таких как транспортные средства, бытовая техника, мебель и т. д. или тоже, как и в случае массового производства, опирается на современные наукоемкие промышленные технологии, проектируя единичные экземпляры дизайн-объектов. Наукоемкость здесь служит залогом создания дизайнером принципиально новых решений. Художник-прикладник на основе художественного замысла изготавливает, как правило, не всегда подходящие для массового производства уникальные функциональные изделия, зачастую ручной работы, которые обладают эстетической или даже художественной ценностью.

Во второй половине XX века начался расцвет промышленного дизайна. Без него уже тогда нельзя было даже помыслить массовое производство самых разных изделий, принявшее тотальный характер. И произошло окончательное размежевание художественного ремесленничества и полноценной дизайнерской деятельности, в рамках которой, если судить предельно общо, художественное начало в проектировании сливается или хотя бы гармонично сочетается с функциональным ради максимально эффективного массового производства конкурентоспособной дизайн-продукции.

Таким образом, теперь можно уверенно говорить о глубине, вездесущности и многогранности дизайна, притом постоянно и порой неожиданно развивающейся деятельностью людей. Дизайн, несомненно, стоит отнести к уникальному виду искусства, который совмещает в себе утилитарное и эстетическое, функциональное и художественное, позволяет нам лучше коммуницировать с миром вокруг, друг с другом а также способен отражать и трансформировать реальность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Луптон Э. Драматургия дизайна: как, используя приемы сторителлинга, удивлять графикой, продуктами, услугами и дарить впечатления / Э. Луптон; [перевод с английского Я. Мышкиной]. М.: Эксмо, 2022. – 160 с.
2. Папанек В. Дизайн для реального мира / В. Папанек. – Д. Аронов, 2004. – 416 с.
3. Моисеев, В. С. Теория и методология дизайна: учебник для студентов учреждений высш. образ. по спец. «Дизайн (по направлениям)» / В. С. Моисеев. – Минск: РИВШ, 2019. – 215 с.
4. Гропиус В. Манифест Государственного Баухауса в Веймаре / В. Гропиус; [перевод с англ. В. Р. Аронова]. – Веймар: Баухаус, 1919.

УДК 721.012

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ РЕАЛЬНОСТИ В ДИЗАЙНЕ

Я.В. АЛЕШКОВСКАЯ*(Представлено: канд. техн. наук, доц. Д.Д. Жуков)*

В статье объясняются некоторые особенности преобразования реальности в дизайне. Рассматривается роль копирования и насмотренности в создании дизайн-проектов, а также общие художественные средства. Показано, как методы «чистого» искусства обогащают дизайн, позволяя управлять ощущениями и пространством.

Составной частью создания любого произведения визуального искусства является умение грамотно использовать накопленную базу насмотренности, или визуального опыта. «Никто не рождается с индивидуальным стилем и собственным голосом. Вначале все учатся походить на своих героев. Учатся, копируя. Речь идет о практике. Это не плагиат, не попытка выдать чужую работу за свою. Копирование, скорее, похоже на реконструкцию. Вспомните, ведь механик разбирает автомобиль на части для того, чтобы понять, как он работает», – это слова из книги Остина Клеона (англ. Austin Kleon), писателя и художника [1, с. 43].

Такой способ реконструкции помогает прочувствовать все этапы создания произведения, которые, не пройдя самому, невозможно понять. Такой способ обучения широко распространён и очень актуален не только для художественных школ, но и для дошкольников. Самым простым примером является то, как родители обучают своих детей. Первые просят вторых повторять за ними слова, показывают, как чистить зубы, а когда ребёнок приходит в школу, он копирует одних и тех же буквы в тетрадь с надписью «Прописи». Таким образом, можно говорить о том, что копирование является самым популярным способом обучения с раннего возраста, а следовательно, совершенно нормален. Копирование позволяет преумножать знания и умения, концентрируясь на их сути, в каком-то смысле, освобождая нас от избыточного контекста.

Позже, когда навыки преумножены, насмотренность служит как инструмент стимулирования вдохновения. Состояние вдохновения весьма ресурсоемкое, оно позволяет человеку выполнять большие объёмы работы и не терять мотивацию. Но создание произведения дизайна – это не всегда выплеск эмоций автора, как это традиционно бывает в искусстве. Зачастую, на первых порах сложно войти в нужное состояние и создать что-то с нуля. Вот тут и нужно использовать копирование. Это как использовать прописи перед тем, как написать собственный рассказ.

Основной разницей между дизайном как бифункциональным искусством и искусством монофункциональным, или «чистым» (живопись, скульптура и т. п.) является их цель [2, с. 16]. Искусство способно побуждать людей испытывать эмоции, выходить за рамки обыденного, в то время как дизайн в большинстве случаев направлен на решение конкретных практических задач. При этом перед дизайнером стоит цель «спроектировать» определенное ощущение, побудить пользователя к действию, помочь быстро сориентироваться в пространстве. Для таких целей дизайнер использует свою базу насмотренности, черпая из нее средства для создания определенного настроения, побуждения, смысла и неважно, касается ли это реальной предметно-пространственной среды или отдельных предметов либо того же в цифровом представлении.

Подобные задачи стоят и перед звукорежиссерами. Люди этой профессии создают и обрабатывают звук для кино, театра, музыкальных альбомов. То есть такие специалисты тоже создают эмоции и чувства, как и дизайнеры, но имеют дело с аудиальной системой восприятия. Тогда как вторые, по большей части, визуальную.

Если углубиться в детали работы дизайнера и звукорежиссера, можно увидеть сходство. Рассмотрим процесс создания дизайнером иконического знака (рисунок 1). Например, перед специалистом стоит задача создания иконического знака с обезьяной. Первое, что делает дизайнер, это ищет референсы. Референсами служат реальные обезьяны, их позы, повадки, особенности. После этого необходимо создать прототип, черновой вариант, который может отразить особенности идеи. На этом этапе реальная объемная обезьяна обретает плоское изображение. Силуэт и особенности могут упрощаться, но при этом дизайнер сохраняет ее отличительные черты. Вот так дизайнер переносит объект из реального трехмерного пространства в двумерное и использует в дизайне.

Нечто подобное происходит и в работе звукорежиссера. Человек обладает бинауральным слухом, то есть слышит двумя ушами. Такой слух позволяет определять положение источника звука и делает восприятие объемным [3]. Предположим, что перед специалистом стоит задача сделать запись выступления оркестра (рисунок 2). Выступление представляет собой исполнение музыкальных произведений на разных музыкальных инструментах и в разных частях сцены. То есть звукорежиссеру нужно собрать разные источники звука таким образом, чтобы при переносе звука из первичного поля во вторичное ощущение пространства между источниками звука сохранялось; иными словами, необходимо смоделировать бинауральный слух человека.

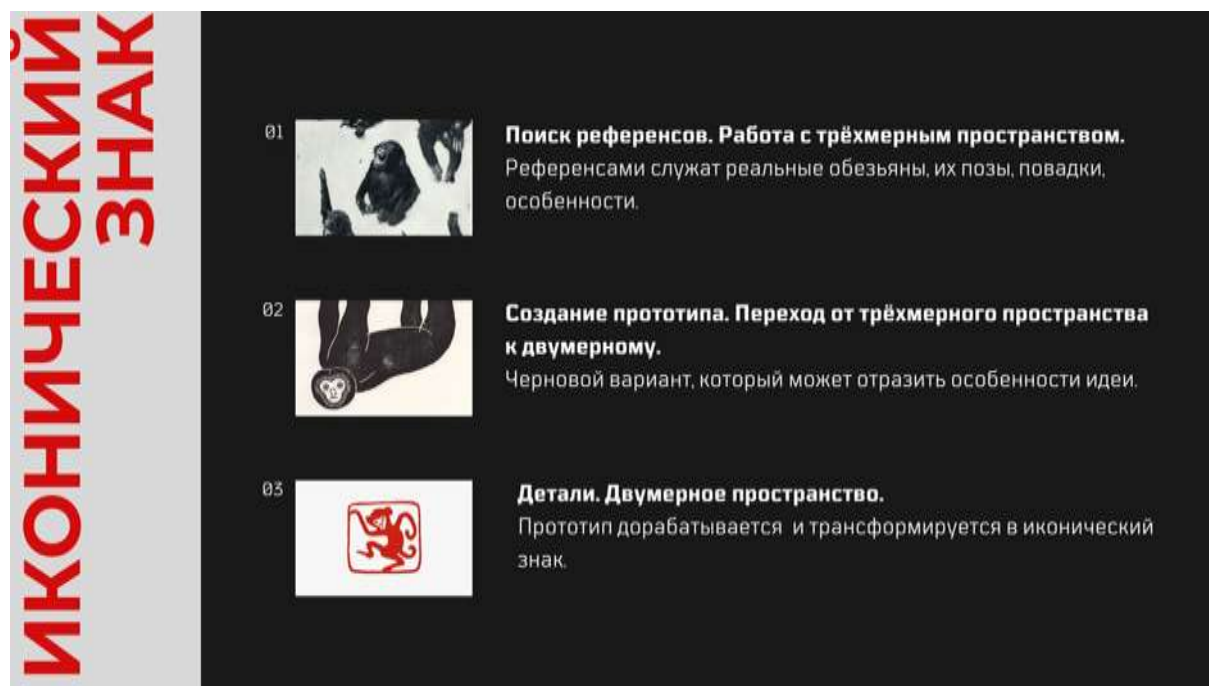


Рисунок 1. – Поэтапное создание иконического знака

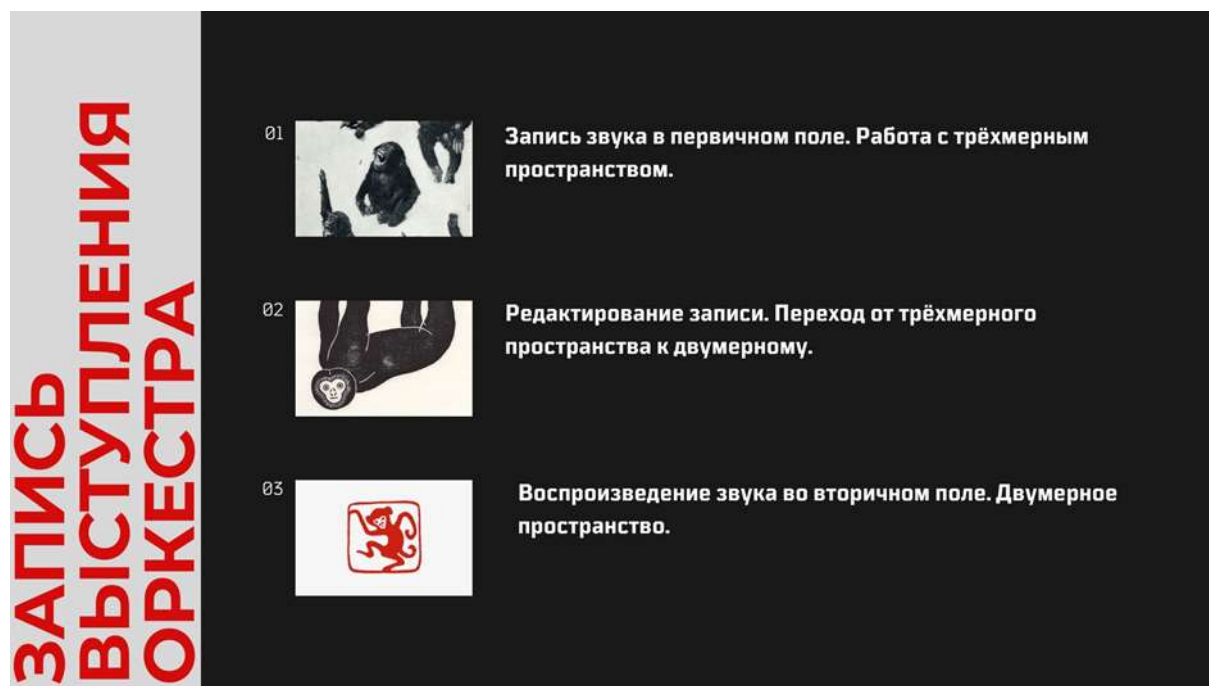


Рисунок 2. – Поэтапное создание записи выступления оркестра

Таким образом, задача специалиста – это создать ощущение первичного поля (сцена, концертный зал и т.п.) при воспроизведении звука во вторичном (колонка, динамик, и т.п.). На этом примере видно, как дизайнер и звукорежиссер управляют реальным объемом и его свойствами, трансформируя их в зависимости от задачи. Схожее конвертирование реальности происходит и в академической живописи или рисунке. Художник видит натюрморт в трехмерном пространстве. Натюрморт имеет ширину, высоту и глубину. Перед художником стоит задача перенести то, что он видит, на лист, сохраняя высоту, ширину и ощущение пространства. Лист является двумерной плоскостью и имеет только высоту и ширину. То есть художнику, как и дизайнеру, как и звукорежиссеру, необходимо передать именно ощущение. В данном случае – ощущение глубины пространства. Следовательно, каждый специалист трансформирует то, что поступает в его систему восприятия, и использует это для создания ощущения.

Каким же образом дизайнеры интерьера могут использовать средства монофункциональных видов искусства в своей деятельности? Основным «законом» любого искусства является композиция, ее используют в дизайне, живописи, музыке и т. п. Кроме композиции на ощущение в дизайне и монофункциональных искусствах влияют схожие средства: ритм, пластика, динамика, объем, цвет и др. Средства художественной выразительности в разных видах искусства имеют разные эффекты, которые могут заимствовать дизайнеры интерьера. Например, когда художник создает картину, преобразуя трехмерное пространство в двумерное, дизайнер может пройти обратный путь. Двумерное изображение может стать вдохновением или референсом для создания трехмерного пространства (предметно-пространственной среды). Кроме этого, дизайнер может заимствовать технические приемы работы с объемом (оптические иллюзии), например, для визуального изменения пространства. Помимо этого, художественные технические приемы можно применять в традиционном смысле, используя их для зарисовок и эскизов. Еще одним вариантом использования монофункционального искусства в дизайне является внедрение его произведений в предметно-пространственную среду. Картина, скульптура, фотография, произведение декоративно прикладного искусства становятся акцентными элементами. Картина или фотография добавляют цвет в пространстве, скульптура и произведения декоративно-прикладного искусства передают текстуру или дополнительный объем.

Таким образом, можно говорить не только о причастности дизайна к искусству, но и о практически идентичных средствах художественной выразительности, которые используются и в бифункциональных, и в монофункциональных искусствах. Дизайнеры могут использовать приемы «чистых» искусств для того, чтобы обогатить и разнообразить процессы проектирования, а также улучшить сами проекты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клеон О. Кради как художник. 10 уроков творческого самовыражения / О. Клеон. – Манн, Иванов и Фербер, 2014. – 176 с.
2. Папанек В. Дизайн для реального мира / В. Папанек. – Д. Аронов, 2004. – 416 с.
3. Википедия – Бинауральный слух. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D1%83%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%8D%D1%84%D1%84%D0%B5%D0%BA%D1%82 – Дата доступа: 15.09.2025.

UDC 69.001.5

DEVELOPMENT AND OPTIMIZATION OF A DEPTH SENSOR FOR MONITORING THE STRESS-STRAIN STATE OF BUILDING STRUCTURES**A. BELOUSOV, N. ZHURAVSKI***(Presented by A. Yagubkin, Ph.D. D. Shabanov)*

This article describes ideas for developing and optimizing a depth sensor for monitoring the stress-strain state of building structures. Models of depth sensor housings in Ansys are presented. Simulation results are presented. A disk-shaped depth sensor will produce the smallest stress concentrator.

Concrete failure is known to be associated with the formation and development of micro- and macro-cracks under load. The initial microcracks are caused by stress concentrations near structural defects such as pores, inclusions, and dislocations. Concrete failure begins with the development of cracks in the matrix-aggregate contact zone, which then extend into the matrix. Contact cracks develop under the influence of shear displacements, while matrix cracks develop under tensile displacements. In low-strength concrete, cracks bend around the aggregate grains, oriented at an angle to the compressive forces at the contact, and parallel to them in the matrix. In high-strength concrete, cracks cut through the aggregate grains and are directed parallel to the compressive forces [1].

Based on the above, it is necessary to determine how to control crack growth, including main cracks. A main crack is a crack whose length exceeds the dimensions of the structural components of the materials and the areas of self-equilibrated stress, and along the surfaces of which the specimen will be divided into parts [2].

There are two methods for monitoring main crack growth: destructive and indirect. The disadvantages of the destructive method include the requirement to take a sample from an already operating building, which may not always have a positive impact on the structure itself. This method is also quite expensive. An advantage is that testing the sample will yield a more accurate result.

The disadvantages of these research methods include the fact that the data may differ from the actual readings, but there are methods that provide accurate readings. One such method is the use of depth sensors.

Currently, a composite strain gauge for embedding in concrete is known. Its operation is based on the principle of strain gauges. Its housing contains two strain gauges. The sensor itself has a two-layer, sealed housing. The first layer covers the strain gauges, and the second layer surrounds the rod and the layers. The layers are composed of silicone [3].

This work also uses a strain gauge. This type of sensor operates using various types of strain gauges. A strain gauge is an element whose resistance changes depending on the strain [4].

The main problem with a depth gauge is that it acts as a stress concentrator, which in turn leads to deformation and compromises the integrity of the object. The issue of corrosion resistance also arises. A steel or iron sensor in a concrete environment will initiate corrosion.

A 3D-printed depth gauge housing made from recycled PET bottles will solve all the above problems.

The ANSYS Workbench software helped optimize the sensor housing, which acts as a stress concentrator. Ansys Workbench is an integration and workflow platform that connects Ansys products. The project framework allows users to customize simulation processes, optimize studies using parametric control, submit tasks to the solver both locally and remotely, and add APIs that enable the use of third-party software [4].

Ansys uses the finite element method. A disadvantage of this method is that, due to ANSYS's matrix-based solution, it requires a powerful computer, even for older versions of the software. This product has previously been used for testing asphalt concrete cores and other applications [5]. This software was used to optimize three geometric shapes: a sphere, a disk, and a cylinder.

To test the geometric shapes for the depth sensor, the "Static Structural" graph was selected (Figure 1). Three housing models were pre-built for testing.

After opening "Static structure", I was asked to select a material (Figure 2) and create a "body" (Figure 3), and the material for it was selected – concrete, which is included in the basic ANSYS Workbench package.

After testing, the following stress results were obtained: disk – 0.0066466 MPa; cylinder – 0.0071466 MPa; ball – 0.0097554 MPa. Thus, the disk will be the smallest stress concentrator.



Figure 1. – Ansys software interface

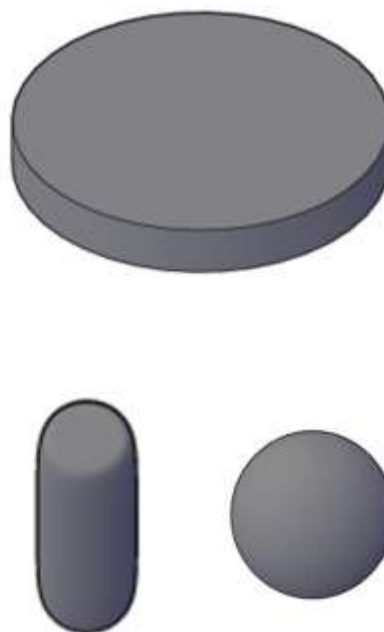


Figure 3. – Types of sensor housing models

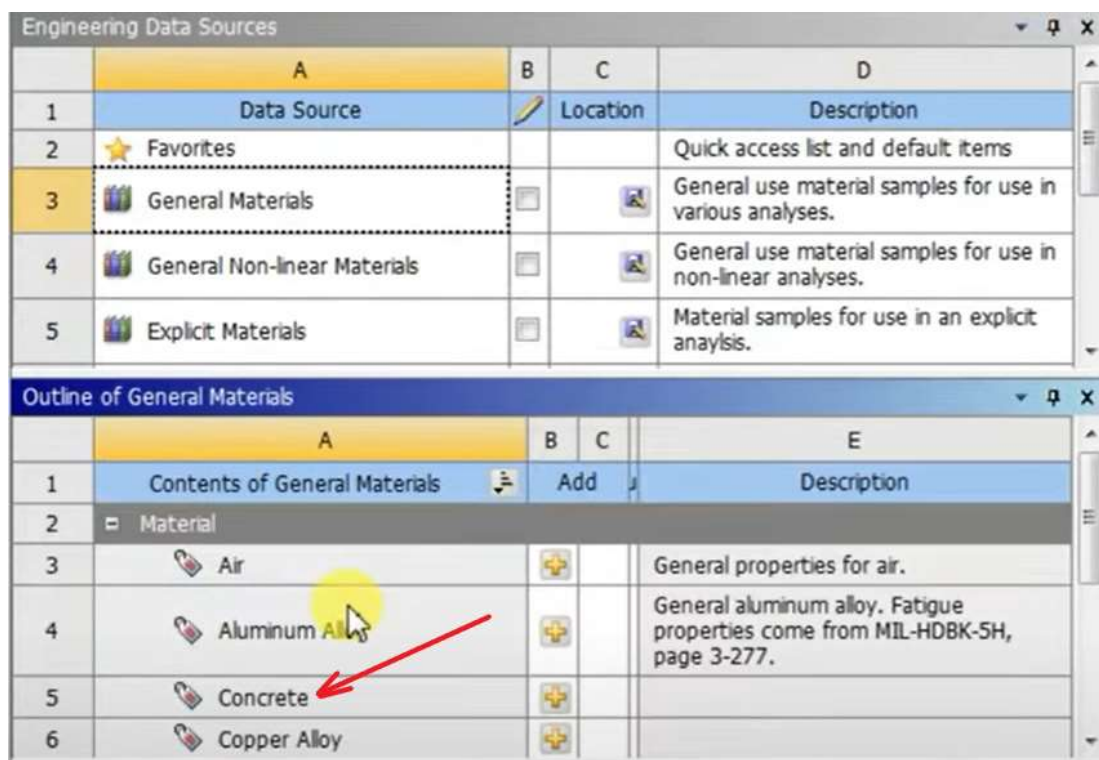


Figure 2. – Ansys Product Material Selection Interface

LITERATURE

1. Berg O.J. Fizicheskie osnovy teorii prochnosti betona i zhelezobetona. – M.: Gosstrojizdat, 1962. – 96 s.
2. Betony. Metody opredelenija harakteristik treshhinostojkosti (vjazkosti razrushenija) pri stati-cheskom nagruzenii : GOST. – Vved. 01.09.22. – Moskva: Rossijskij institut standartizacii. Os-novnye polozhenija, 2022.
3. Tenzorezistory. Jenciklopedija [Electronic resource] / Geotechdata — Mode of access: Tenzorezistory. Jenciklopedija jelektroniki L7805CV — Date of access: 15.09.2025.
4. Personal project platform for managing all your Ansys products [Electronic resource] / Geotechdata — Mode of access: <https://www.ansys.com/products/ansys-workbench> — Date of access: 15.09.2025.
5. Belousov A.V. Opredelenie predela prochnosti asfal'tobetona na rastjazhenie sovmeshhjonnyimi metodami issledovanija / Belousov A.V. — Novopolock., 2021.

UDC 69.001.5

**LOAD DETERMINATION BY A DEVELOPED MONITORING SYSTEM
WITH A DEPTH SENSOR FOR MONITORING THE STRESS-STRAIN STATE
OF BUILDING STRUCTURES**

A. BELOUSOV, N. ZHURAVSKI
(Presented by A. Yagubkin, Ph.D. D. Shabanov)

An experimental setup for calibrating a depth sensor is described. Test results for a specimen equipped with the depth sensor are presented. The dependence of the load on the depth sensor readings is presented. The model obtained from the depth sensor allows predicting the specimen load with 99% accuracy and the remaining service life (the last 10%) with 100% accuracy.

A Wheatstone half-bridge was used to obtain data. This was used to measure the relative change in resistance in the strain gauge [1–5].

In the first stage, a depth gauge in a cylindrical housing was calibrated using a PM-2MG4 press (Figure 1). Load and strain values obtained from the gauge corresponded to press readings with an accuracy of $\pm 1\%$.

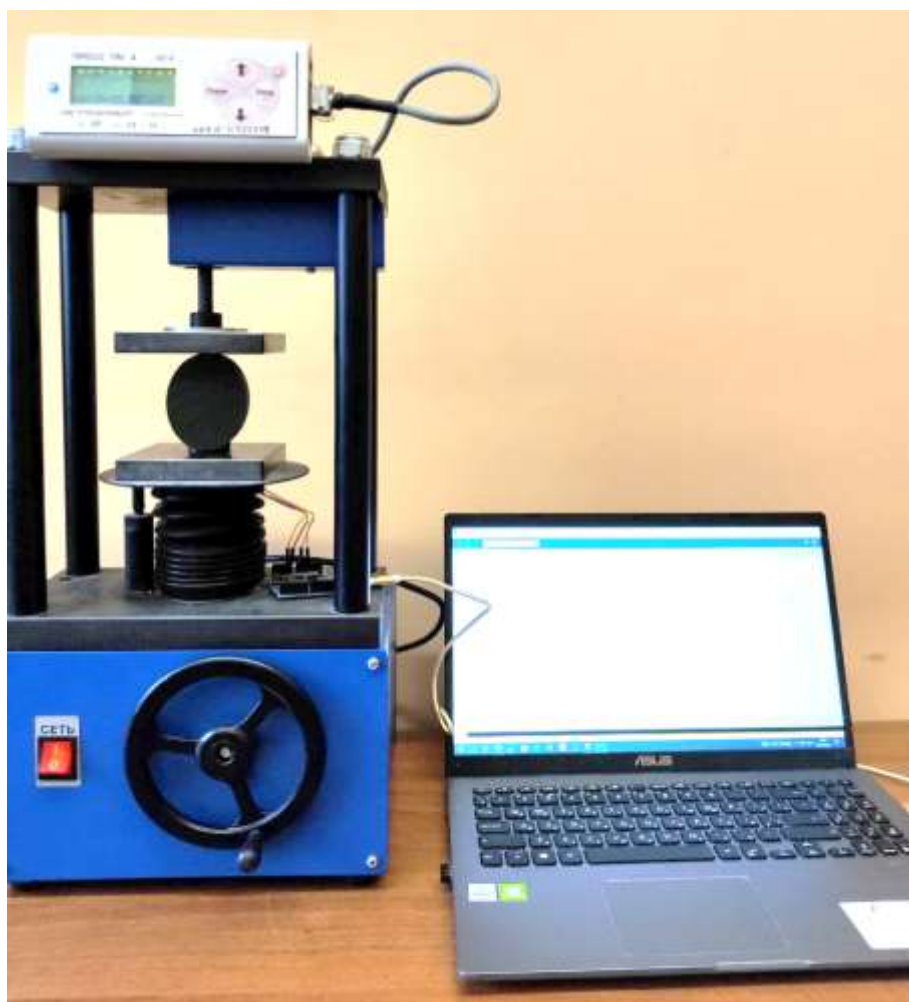


Figure 1. – Installation for calibrating a depth sensor

In the second stage, the depth sensor was immersed in a concrete sample (a cube with a 100 mm side dimension). After 28 days, the sample was compressed using a PGM-500MG4A press. The load and deformation values for the cube sample with the depth sensor are shown in Table 1 and Figures 2-3.

As can be seen from Figures 2-3, the model obtained from the depth sensor allows predicting the sample load with 99% accuracy, and the remaining life (the last 10%) with 100% accuracy.

Table 1 – Test results of a sample with a depth sensor

Strain, kN	Sensor readings	Note
0,00	167	
7,49	167	
33,51	167	
55,17	167	
77,53	167	
96,32	167	Crackling in the sample
122,26	167	
151,22	167	
173,35	167	
181,19	167	
207,91	305	Sample destruction
185,44	294	Relieving the load
174,78	294	
165,54	290	
130,55	165	
125,21	166	
98,39	167	

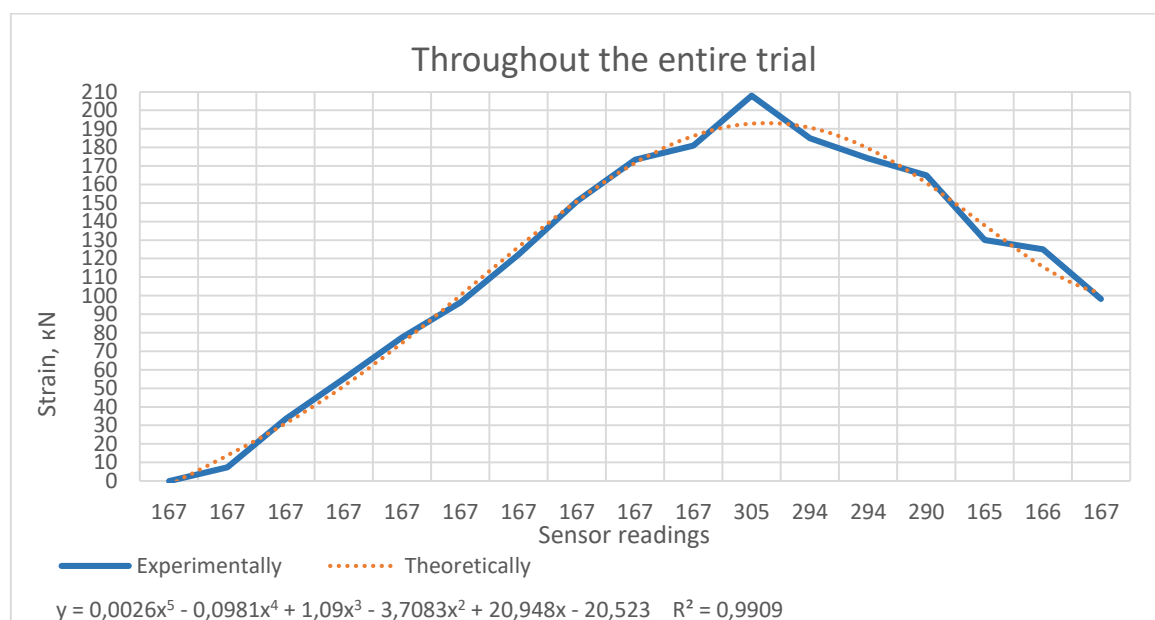


Figure 2. – Dependence of load on depth sensor readings

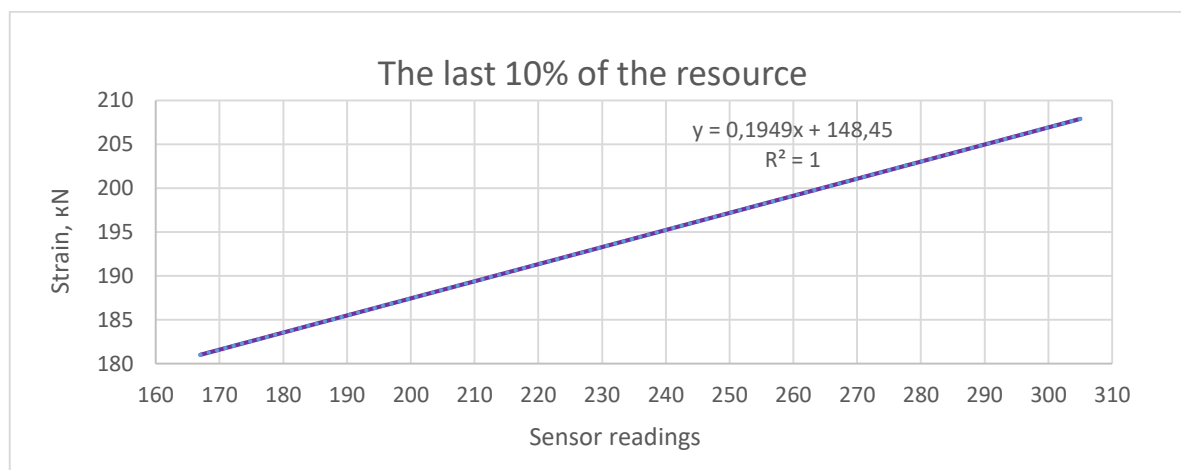


Figure 3. – Dependence of the load (the last 10% of the sample resource) on the readings of the depth sensor

LITERATURE

1. Berg O.J. Fizicheskie osnovy teorii prochnosti betona i zhelezobetona. – M.: Gosstrojizdat, 1962. – 96 s.
2. Betony. Metody opredelenija harakteristik treshhinostojkosti (vjazkosti razrushenija) pri stati-cheskom nagruzenii : GOST. – Vved. 01.09.22. – Moskva: Rossijskij institut standartizacii. Os-novnye polozhenija, 2022.
3. Tenzorezistory. Jenciklopedija [Electronic resource] / Geotechdata — Mode of access: Tenzorezistory. Jenciklopedija jelektroniki L7805CV — Date of access: 15.09.2025.
4. Personal project platform for managing all your Ansys products [Electronic resource] / Geotechdata — Mode of access: <https://www.ansys.com/products/ansys-workbench> — Date of access: 15.09.2025.
5. Belousov A.V. Opredelenie predela prochnosti asfal'tobetona na rastjazhenie sovmeshhjonnyimi metodami issledovanija / Belousov A.V. — Novopolock., 2021.

UDC 69.001.5

DEFORMATION DETERMINATION BY A DEVELOPED MONITORING SYSTEM WITH A DEPTH SENSOR FOR MONITORING THE STRESS-STRAIN STATE OF BUILDING STRUCTURES

A. BELOUSOV, N. ZHURAVSKI
(Presented by A. Yagubkin, Ph.D. D. Shabanov)

An experimental setup for calibrating a depth gauge is described. Test results for a specimen equipped with the depth gauge are presented. The dependence of deformation on depth gauge readings is presented. The model obtained from the depth gauge allows for the prediction of specimen deformation with 99% accuracy and the remaining service life (the last 10%) with 100% accuracy.

A Wheatstone half-bridge was used to obtain data. This was used to measure the relative change in resistance in the strain gauge [1-5].

In the first stage, a depth gauge in a cylindrical housing was calibrated using a PM-2MG4 press (Figure 1). Load and strain values obtained from the gauge corresponded to press readings with an accuracy of $\pm 1\%$.

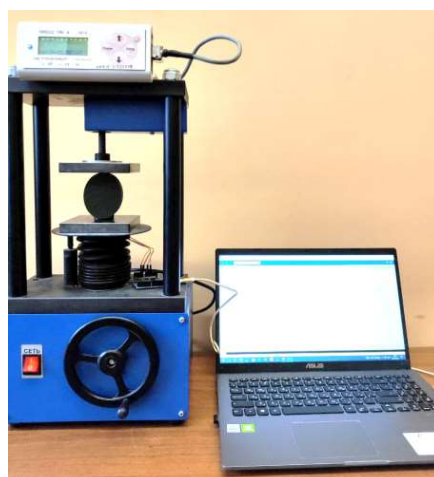


Figure 1 – Installation for calibrating a depth sensor

In the second stage, the depth sensor was immersed in a concrete sample (a cube with a 100 mm side dimension). After 28 days, the sample was compressed using a PGM-500MG4A press. The load and deformation values for the cube sample with the depth sensor are shown in Table 1 and Figures 2-3.

Table 1. – Test results of a sample with a depth sensor

Deformation, mm	Sensor readings	Note
0,00	167	
0,21	167	
0,32	167	
0,43	167	
0,52	167	
0,62	167	Crackling in the sample
0,72	167	
0,92	167	
1,11	167	
1,22	167	
1,71	305	Sample destruction
1,71	294	Relieving the load
1,71	294	
1,71	290	
1,71	165	
1,71	166	
1,71	167	

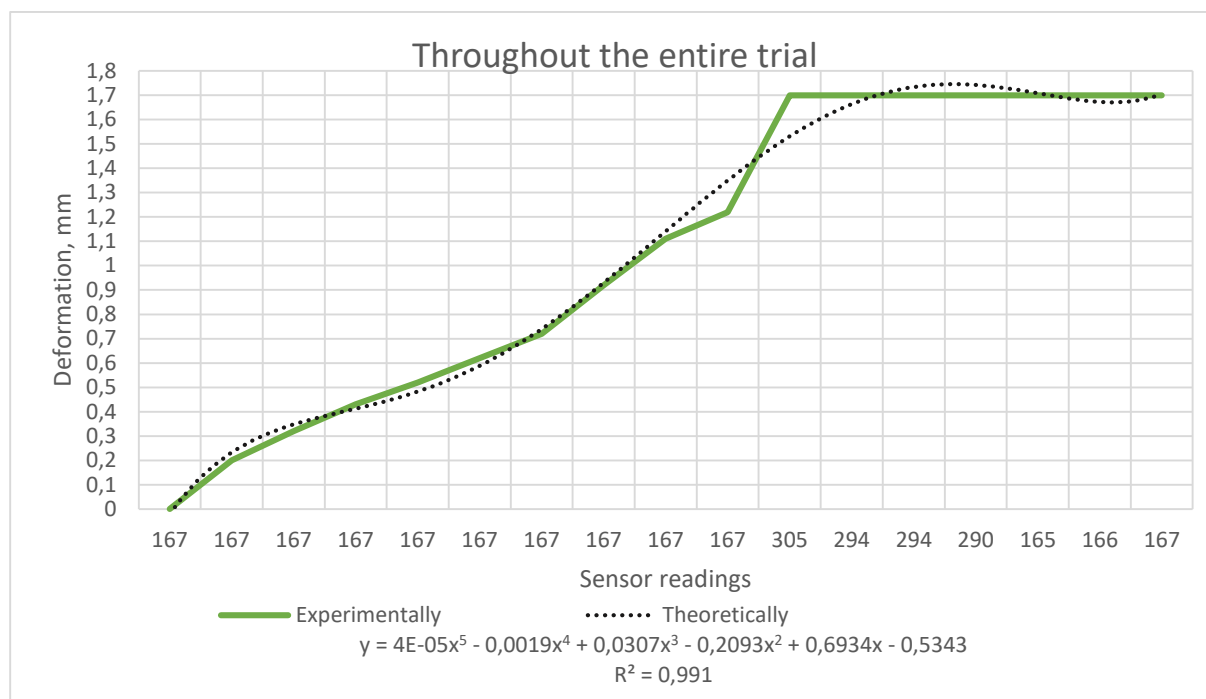


Figure 2. – Dependence of deformation on depth sensor readings

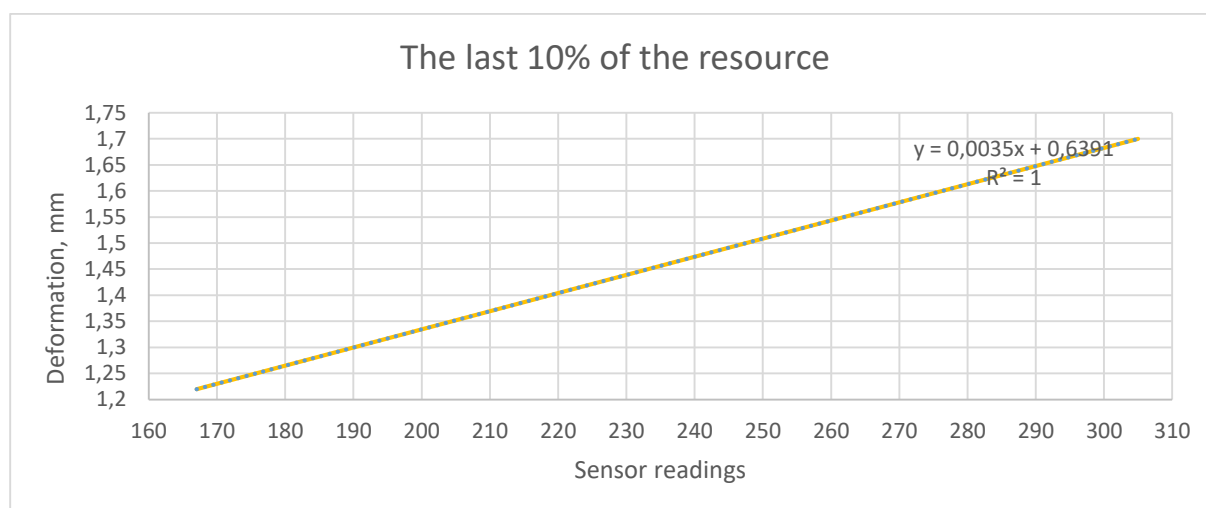


Figure 3. – Dependence of deformation (the last 10% of the sample resource) on the readings of the depth sensor

As can be seen from Figures 2-3, the model obtained from the depth sensor allows us to predict the deformation of the sample with an accuracy of 99%, and the remaining resource (the last 10%) with an accuracy of 100%.

LITERATURE

1. Berg O.J. Fizicheskie osnovy teorii prochnosti betona i zhelezobetona. – M.: Gosstrojizdat, 1962. – 96 s.
2. Betony. Metody opredelenija harakteristik treshhinostojkosti (vzjaskosti razrushenija) pri stati-cheskom nagruzenii : GOST. – Vved. 01.09.22. – Moskva: Rossijskij institut standartizacii. Os-novnye polozenija, 2022.
3. Tenzorezistory. Jenciklopedija [Electronic resource] / Geotechdata — Mode of access: Tenzorezistory. Jenciklopedija jelektroniki L7805CV — Date of access: 15.09.2025.
4. Personal project platform for managing all your Ansys products [Electronic resource] / Geotechdata — Mode of access: <https://www.ansys.com/products/ansys-workbench> — Date of access: 15.09.2025.
5. Belousov A.V. Opredelenie predela prochnosti asfal'tobetona na rastjazhenie sovmeshhjonnyimi metodami issledovanija / Belousov A.V. — Novopolock., 2021.

UDC 69.001.5

DEVELOPMENT OF A CONTINUOUS MONITORING SYSTEM FOR THE MICROCLIMATE OF THE INTERIOR SPACE OF BUILDINGS AND STRUCTURES

A. BELOUSOV, N. ZHURAVSKI

(Presented by A. Yagubkin, Ph.D. D. Shabanov)

This article describes ideas for developing a continuous monitoring system for the indoor microclimate of buildings and structures. Sensor models are presented, and simulation results are provided.

In today's world, maintaining and preserving an optimal microclimate inside buildings and structures is particularly important. Failure to promptly detect deviations in the microclimate can lead to premature repairs or the destruction of building structures [1-5].

To ensure the long-term safety of building structures, it is necessary to implement monitoring systems capable of continuously monitoring environmental parameters without interfering with the architectural integrity of the building. As part of this practice, an autonomous remote humidity and temperature sensor based on a DHT22 sensor and an Arduino Nano microcontroller, equipped with a LoRa data transmission module, was developed.

LoRa technology enables data transmission over significant distances (up to several kilometers in urban environments) with minimal power consumption, making it ideal for installation in historical buildings where wiring is impossible or unacceptable. Data from the sensor is transmitted to a receiving station, where it is analyzed in real time and can be used to make decisions on maintaining an optimal microclimate. The goal of this work was to design, assemble, test, and implement a simple, reliable, and energy-efficient microclimate monitoring device.

To evaluate the practical applicability of the developed sensor in a real building, comprehensive tests of the LoRa module (Figure 1) were conducted to determine transmission range and signal stability under various power supply conditions. The primary objective was to determine the feasibility of reliable communication between the sensor and the receiving station located in the university's chemistry building—a distance of approximately 450 meters, with several intermediate walls, ceilings, and metal structures.

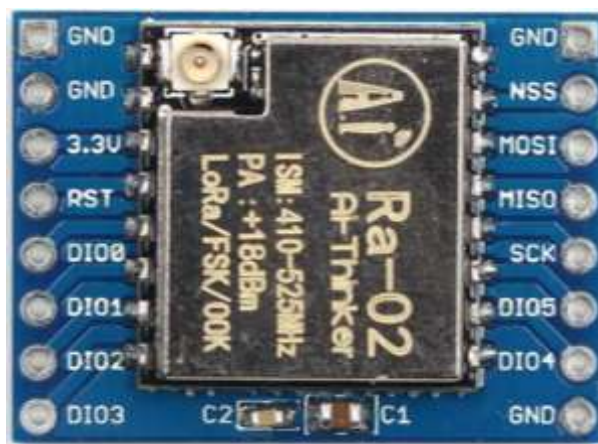


Figure 1. – Module Lora sx1278 (ra-02)

Two power supply options were used for testing:

1. Direct power supply from the Arduino Nano microcontroller's built-in 3.3V regulator;
2. Power supply via an external LDO linear regulator (AMS1117-3.3).

The results showed that the difference in signal quality and transmission range between the two schemes is virtually negligible. In both cases, a stable connection was achieved with a reception rate of over 98%, even when the signal passed through concrete partitions, metal pipes, and window frames. The receiver, housed in a chemical enclosure, correctly received hourly data packets without loss or decoding errors.

It should be noted that the LoRa module consumes up to 120 mA in pulse mode during transmission. According to the technical documentation, the Arduino Nano's built-in 3.3V regulator is rated for a maximum current of 50 mA, making it theoretically unsuitable for directly powering the LoRa module. However, during month-long field tests, with the module turned on briefly (up to 100 ms) and infrequently (once per hour), no overheating, failures, or degradation of the Arduino's performance were observed. This confirms that, for sporadic data transfer, using the built-in regulator is a feasible and practical solution, simplifying the design and reducing the cost of the device.

Regarding standby power consumption, the AMS1117-3.3 linear regulator consumes approximately 0.5 mA at rest. For a battery-powered device, this value is unacceptably high: with hourly transmission and a 12-month service life, the battery capacity would need to be increased by 30–40%, which would defeat the purpose of miniaturization and weight reduction.

Since the Arduino Nano's built-in regulator operates stably under short-term load pulses, and an external LDO regulator offers no advantage in signal quality but significantly increases background power consumption, the decision was made to directly power the LoRa module from the Arduino Nano's 3.3 V pin. This allowed for an optimal balance between:

- communication reliability,
- ease of assembly,
- minimal standby power consumption,
- compatibility with the battery-powered design.

Thus, the system achieved near-full functionality in complex urban environments, confirming its suitability for use in buildings with similar obstacles to radio signals, including those with massive walls.

To ensure accurate and reliable monitoring of the indoor microclimate, four popular digital temperature and humidity sensors were compared: the SHT31, AHT20, DHT11, and DHT22. The goal of the tests was to select the optimal sensor based on measurement accuracy, stability, resistance to external interference, power consumption, and cost, with subsequent implementation in a standalone monitoring system.

Testing was conducted using a calibrated Testo 645 reference device as a baseline. Each sensor was connected to the same Arduino Nano-based platform, powered by a single source, and kept in the same thermostatted volume for 72 hours. Readings were recorded every 15 minutes, after which the mean and standard deviations were calculated. The DHT22 (Figure 2) demonstrated the best combination of accuracy, repeatability, and affordability. Its accuracy was less than 0.3°C for temperature and 3% for humidity—which fully complies with cultural heritage conservation requirements, where the permissible error for microclimate monitoring does not exceed $\pm 0.5^\circ\text{C}$ and $\pm 5\%$ RH, as recommended by ICOMOS.



Figure 2. – Sensor DHT22

Despite the SHT31 and AHT20 having higher technical accuracy in their datasheets, their use in this project was rejected for two key reasons:

1. Higher cost – 3-5 times higher than the DHT22, which contradicts the principle of minimalism and cost-effectiveness of the solution for scalable applications;
2. Greater integration complexity – they require a more complex library and timings, which increases the risk of failures in a standalone system with the limited resources of the Arduino Nano.

Based on the results obtained, the DHT22 was selected as the optimal compromise between accuracy, cost, and reliability. A functional prototype device was designed on a breadboard using this device, including:

- Arduino Nano microcontroller;
- SX1278 LoRa module (433 MHz);
- DHT22 sensor;
- 3.7 V, 1200 mAh lithium-ion battery;
- Resistive voltage divider for battery level monitoring.

During the transition from a breadboard prototype to a final industrial solution, a decision was made to develop a custom printed circuit board (PCB) designed to ensure stable, long-term, and reliable operation of the sensor in the historic church environment. The primary reason for switching from a breadboard assembly to a PCB was the requirement for increased power stability for the LoRa module—a key factor determining the quality and reliability of radio communication (Figure 3).



Figure 3. – Prototype sensor breadboard

During preliminary testing on the breadboard, random data transfer failures were observed, especially when running the DHT22 and LoRa module simultaneously. Analysis revealed that these failures were related to:

- voltage drops on the 3.3V bus at peak LoRa currents (up to 120 mA);
- unstable connections via the breadboard (pins, jumpers, contact oxidation);
- electromagnetic interference caused by long wires and lack of grounding.

To address these issues, a customized single-sided printed circuit board (PCB) was designed using EasyEDA, considering the following design principles:

Key design features:

1. Modular architecture

Each key component—the Arduino Nano, the SX1278 LoRa module, the DHT22, and the lithium-ion battery with protective board—is mounted on a separate, removable module with solder connections to standard pin headers. This allows:

- If one component (e.g., the LoRa module) fails, it can be replaced without resoldering the entire board;
- Simplify diagnostics and maintenance in the field;
- Reduce the risk of damage to other components during repair.

2. Optimized power supply circuit

To ensure a stable power supply for the LoRa module:

- A separate 3.3 V power supply circuit with filter capacitors is used:
 - 100 nF ceramic (for high-frequency interference),
 - 10 μ F electrolytic (for suppressing pulse loads).
- Direct routing from the power supply to the LoRa module pins is implemented with wide copper traces (≥ 1.5 mm) to reduce resistance.
- A common power supply wire for the DHT22 and LoRa modules is eliminated; a separate power bus is used, preventing mutual interference.

3. Reduced EMI and improved antenna matching

- The LoRa module antenna (IPEX PCB antenna or external SMA connector) is located on the edge of the board, as far away as possible from digital components and interference sources.
- The GND plane is located across the entire bottom side of the board, providing shielding and stable noise rejection potential.

4. Energy-saving design

- A power switch (MOSFET switch) controlled by the Arduino has been added, allowing the LoRa module and DHT22 to be completely powered down in sleep mode, reducing standby power consumption to < 5 μ A.
- The placement of all components minimizes trace lengths, reducing parasitic inductance and improving power efficiency.

PCB test results:

- After assembly and testing on the test bench, LoRa data transmission failures were reduced by 95% compared to the breadboard.
- Under peak load (LoRa transmission), voltage drop decreased from ~ 0.8 V to < 0.1 V.

- Tests in simulated temple walls (concrete partitions, metal structures) confirmed a stable communication range of up to 450 meters and a successful reception rate of >99.2%.

- The modular design allowed the LoRa module to be successfully replaced in 5 minutes without a soldering iron—just disconnecting the connectors.

Rationale for choosing EasyEDA:

EasyEDA was chosen as the most suitable environment for students and researchers due to:

- Free access to component libraries (including official Arduino Nano and SX1278 models);
- The ability to automatically generate Gerber files for production;
- Integration with PCB printing services (JLCPCB, PCBWay) – which allowed us to manufacture the board in 2 days at a minimal cost (~\$3 for 5 pieces).

The development of the printed circuit board not only improved the aesthetics and compactness of the device – it became a decisive step towards the industrial reliability of the system. The modular structure ensures easy maintenance, and the optimized power supply circuit guarantees stable operation of the LoRa module even in complex electromagnetic environments. The resulting board meets all the project requirements: autonomy, precision, durability, and adaptability.

LITERATURE

1. Berg O.J. Fizicheskie osnovy teorii prochnosti betona i zhelezobetona. – M.: Gosstrojizdat, 1962. – 96 s.
2. Betony. Metody opredelenija harakteristik treshhinostojkosti (vjazkosti razrushenija) pri stati-cheskom nagruzenii : GOST. – Vved. 01.09.22. – Moskva: Rossijskij institut standartizacii. Os-novnye polozhenija, 2022.
3. Tenzorezistory. Jenciklopedija [Electronic resource] / Geotechdata — Mode of access: Tenzorezistory. Jenciklopedija jelektroniki L7805CV — Date of access: 15.09.2025.
4. Personal project platform for managing all your Ansys products [Electronic resource] / Geotechdata — Mode of access: <https://www.ansys.com/products/ansys-workbench> — Date of access: 15.09.2025.
5. Belousov A.V. Opredelenie predela prochnosti asfal'tobetona na rastjazhenie sovmeshhjonnyimi metodami issledovanija / Belousov A.V. — Novopolock., 2021.

УДК 747.017.4

ТЕОРИЯ ЦВЕТА М. МАТЮШИНА И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ В ИНТЕРЬЕРЕ

К.А. БОЛТРУШЕВИЧ

(Представлено: А.В. Фёдорова)

В данной статье рассматриваются основные аспекты теории цвета Матюшина и их применение в интерьере, акцентируя внимание на создания гармоничных пространств, способствующих эмоциональному комфорту и эстетическому восприятию.

В современном обществе цветовая среда играет ключевую роль в формировании эмоционального состояния, когнитивных процессов и общего самочувствия человека. Цветовой климат интерьера оказывает значительное влияние на психологическое и физиологическое восприятие пространства человеком, определяя его настроение, мыслительную активность и уровень комфорта. В этой связи исследование принципов создания гармоничного и функционального цветового оформления общественных интерьеров приобретает особую актуальность.

Актуальным остается применение при создании интерьеров базовых и концептуальных теорий прошлого века. Современная трактовка теории цвета ключевого деятеля русского авангарда Михаила Матюшина, благодаря её междисциплинарному подходу позволяет рассматривать цвет как феномен, влияющий на восприятие пространства и эмоций его обитателя.

В рамках данного исследования была поставлена цель: изучение теории цвета М.В. Матюшина и её практическое применение в современном дизайне интерьера. Основными задачами работы выступили: изучение деятельности М.В. Матюшина и формирование его теории; исследование идей о цвете и их влияние на восприятие пространства и эмоциональное состояние человека; анализ применения теории цветowych схем в современном интерьере.

Формирование теории. Музыкальная карьера М.В. Матюшина составляет неотъемлемую часть его творческой биографии. В период с 1882 по 1913 г. он служит музыкантом Придворного оркестра, с 1909г. начинает преподавать. Характерна временная близость двух «переломных», по свидетельству художника, годов для его понимания музыки и живописи. В его работах прослеживается стремление к синестезии. Концепции о взаимосвязи звука и цвета вдохновили многих художников и музыкантов, стремящихся к созданию целостного художественного опыта. 1905 год относится к периоду обучения художника в мастерской Я.Ф. Ционглинского. В основе метода преподавания последнего лежало воспитание навыка фиксации собственных зрительных впечатлений света и цвета. Открытие изменчивости и относительности цвета произошло именно в процессе созерцания природы. Оценка, данная художником роли собственного эмпирического опыта присуща многим авангардистам. И искусство, и природа воспринимаются ими как два самостоятельных и равноценных источника впечатлений [1].

Принципы микрохроматики Михаила Матюшина основаны на тончайшей дифференциации цветовых оттенков и их взаимосвязи со звуковыми тонами. Основными аспектами его теории являются:

1. Взаимосвязь цвета и звука: Матюшин исследовал взаимосвязь между цветом и звуком, выявляя структурные и качественные сходства между контрастными цветами и обертоновыми звуками. Он считал, что законы звука могут помочь понять закономерности цвета и наоборот. В. М. Матюшин разработал свою систему соответствия между звуками и цветами, связывая каждую музыкальную ноту с определенным цветом. В контексте радуги и теории цвета ноты могут быть ассоциированы с цветами следующим образом: До (С) – Красный; Ре (D) – Оранжевый; Ми (E) – Желтый; Фа (F) – Зеленый; Соль (G) – Голубой; Ля (A) – Синий; Си (B) – Фиолетовый. Матюшин утверждал, что существуют определенные ассоциации между цветами и звуками. Например, яркие, насыщенные цвета могли ассоциироваться с высокими нотами, тогда как темные, глубокие цвета могли быть связаны с низкими нотами. Цвета, по мнению Матюшина, не только эстетически влияли на зрителя, но и вызвали определённые эмоции, что также связано с восприятием музыки. Таким образом, определенные цвета и ноты могут создавать похожие эмоциональные реакции.

2. Тонкие цветовые переходы: микрохроматика предполагает использование тонких цветовых переходов и нюансов, что позволяет создавать гармоничные и сбалансированные цветовые сочетания.

3. Органическая культура: принципы органичности и естественности, заложенные в теорию Матюшина, предполагают создание цветовых сочетаний, гармонирующих с природой и окружающей средой.

4. Психофизические свойства цвета: Матюшин уделял внимание психофизическим свойствам цвета, его влиянию на восприятие и эмоциональное состояние человека. Он считал, что цветовые сочетания могут вызывать определенные эмоции и настроения [2].

Психология цвета. Психология цвета изучает влияние различных оттенков на эмоции, восприятие и поведение человека. В интерьере использование цветовых решений играет ключевую роль в создании атмосферы, способствующей комфорту и продуктивности. Правильный выбор цветовой палитры может не только улучшить эстетику пространства, но и оказать положительное воздействие на психоэмоциональное состояние его обитателей (таблица 1) [3].

Таблица 1. – Восприятие человеком цвета в зависимости от его расположения в интерьере

Цвет	Локализация		
	Верху	Боковые поверхности или перспективы	Внизу
Красный	Возбуждает, мобилизует, оказывает эрогенное воздействие	Возбуждает	Воспринимается неестественно, может «обжигать»
Розовый	Ощущение легкости, счастья	Чувство счастья, нежности	Часто ассоциируется с обонятельными ощущениями
Оранжевый	Способствует концентрации внимания	Ощущение тепла способствует релаксации	Эффект принадлежности и тепла, иногда воспринимается неестественно
Желтый	Вызывает приятные ощущения разрядки, отвлечение, способствует релаксации	Возбуждает, может вызывать неприятные ощущения	Эффект приподнятости иногда парения
Зеленый	Воспринимается неестественно	Успокаивает	Успокаивает, охлаждает, может оказывать снотворное действие
Голубой	Ощущение легкости. Способствует релаксации	Охлаждает, вызывает отчуждение	Охлаждает (более выражено, чем зеленый)
Коричневый	Чувство тяжести, давление (для усиления чувства тяжести использовать не рекомендуется)	Угнетает, усиливает ипохондрическую настроенность	Ощущение уверенности, твердости
Синий	Вызывает тревожность, беспокойство	Отчуждение	Тревога, холод, ощущение «бездны»

При проектировании цветовых решений для общественных интерьеров важно учитывать психологию цвета и его влияние на настроение и концентрацию пользователей. Выбор цветовых сочетаний должен также учитывать освещение, размеры помещения и особенности людей, чтобы создать максимально комфортное и продуктивное пространство.

Заключение. Исходя из проанализированных примеров современных интерьеров можно отметить, что цветовая система Михаила Матюшина действительно применима и может значительно обогатить дизайн помещений. Вот несколько способов, как его теория может быть использована в дизайне интерьеров.

Создание гармонии и баланса: цветовая система Матюшина основана на концепции микрохроматики, которая предполагает использование тонких цветовых переходов и нюансов. Система позволяет создавать гармоничные и сбалансированные интерьеры, где цветовые сочетания плавно переходят друг в друга, создавая уютную и приятную атмосферу.

Эмоциональное воздействие: художник уделял большое внимание эмоциональному воздействию цвета на человека. Его система позволяет выбирать цвета, которые могут вызывать определенные эмоции и настроения, что особенно важно для создания комфортных и функциональных интерьеров.

Оптические эффекты: использование теории позволяет создавать оптические эффекты и визуальные иллюзии, которые могут увеличить или уменьшить пространство, а также создавать интересные визуальные акценты в интерьере.

Органическая концепция: принципы органичности и естественности, заложенные в теорию Матюшина, могут быть использованы для создания интерьеров, которые гармонируют с природой и окружающей средой. Это особенно актуально для эко-дизайна и интерьеров, созданных с учетом устойчивого развития.

Таким образом, в результате применения цветовой системы М. Матюшина в интерьере может создаться уникальные, гармоничные и эмоционально насыщенные пространства, которые будут радовать и вдохновлять своих обитателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Матюшин, М.В. Справочник по цвету. Закономерность изменчивости цветовых сочетаний / М.В. Матюшин; Вступительная статья Л. А. Жадовой. – Москва: Издатель Д. Аронов, 2007. – 72 с.
2. Михаил Матюшин. «Звукоцвет» [Электронный ресурс] / Музей Искусств XX-XXI вв. – Минск, 2005. – Режим доступа: <https://museumart.ru/mikhail-matushin-svukocvet>. – Дата доступа: 06.10.2025.
3. Рыбникова, В.Ю. Архитектурная колористика. Цвет в интерьере: учебное пособие для студентов специальности 270301 «Архитектура» очной формы обучения / сост. В.Ю. Рыбникова, И.В. Кулага. – Кострома: КГСХА, 2007. – 42 с.

УДК 624.137.5

РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПОДПОРНОЙ СТЕНКИ УГОЛКОВОГО ТИПА С УЧЕТОМ И БЕЗ УЧЕТА АНИЗОТРОПИИ ГЛИНИСТОГО ГРУНТА

А.С. ВАСИЛЕНКО

(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.П. Кремнев)

В данной работе рассматривается расчет железобетонной подпорной стенки углового типа с учетом и без учета анизотропии глинистого грунта включающий анализ ее устойчивости и деформативных характеристик.

Введение. Ленточная глина озёрно-ледникового происхождения в Республике Беларусь – важный элемент четвертичных отложений, связанный с деятельностью последнего оледенения (Поозерское, аналог Валдайского) около 12-15 тыс. лет назад. Данный тип грунта распространен в северных и северо-западных районах Беларуси, где активно формировались приледниковые озёра, к таким районам относятся: Поозерье (Браславские, Нарочанские озёра), Гродненская и Витебская области. В составе ленточной глины озёрно-ледникового происхождения в Республике Беларусь преобладают глинистые минералы (каолинит, иллит), включения органики (остатки диатомей, пыльца). Удельное сцепление (c), угол внутреннего трения (φ), модуль упругости (E) ленточных глин озёрно-ледникового происхождения, зависит от состава, влажности, плотности и структуры грунта. Для ленточных глин Беларуси характерны низкие прочностные показатели из-за высокой пластичности, водонасыщенности и тонкозернистой структуры.

Анизотропия прочностных свойств глин севера Беларуси исследовалась в работах Вишнякова Н. Н. [1]. Им были описаны результаты экспериментальных исследований при трехосных испытаниях и одноосном сжатии. Испытания проводились под разными углами к плоскости слоистости грунта и показали значительные различия в значениях прочностных характеристик грунтов.

Цель данной работы заключалась в анализе результатов расчета железобетонной подпорной стенки углового типа с учетом и без учета анизотропии глинистого грунта.

Ход работы. Нами был проведен подробный расчет железобетонной подпорной стенки углового типа, при помощи программного комплекса GEO 5, включающий анализ ее устойчивости и деформативных характеристик. Характеристики материалов подпорной стенки представлены на рисунке 1.

Удельный вес стены: $\gamma =$ 23,00 [кН/м ³]	
Бетон	
Каталог	Пользователь
C25/30 (пользовательский)	
$R_b = 17,00$ МПа	
$R_{bt} = 1,15$ МПа	
Арматура продольная	
Каталог	Пользователь
S500 (пользовательский)	
$R_s = 435,00$ МПа	

Рисунок 1. – Характеристики материалов подпорной стенки

Рассматривались два варианта расчета: один с учетом анизотропных свойств глинистого грунта, при котором учитывалась направленная структура и различие механических характеристик грунта в различных направлениях, а другой — без учета анизотропных свойств глинистого грунта, при котором предполагалась однородность свойств грунта во всех направлениях. Характеристики глинистого грунта озёрно-ледникового происхождения, полученные нами при условии учета анизотропии представлены на рисунке 2.

Глина низкой/ средней пластичности (CL, CI), консистенция полутвёрдая	
Удельный вес:	$\gamma = 18,45$ кН/м ³
Напряжённое состояние:	эффективное
Угол внутреннего трения:	$\varphi_{ef} = 25,00^\circ$
Удельное сцепление грунта:	$c_{ef} = 12,00$ кПа
Угол трения конструкция-грунт:	$\delta = 0,00^\circ$
Грунт:	связный
коэффициент Пуассона:	$\nu = 0,35$
Удельный вес водонасыщенного грунта:	$\gamma_{sat} = 18,45$ кН/м ³

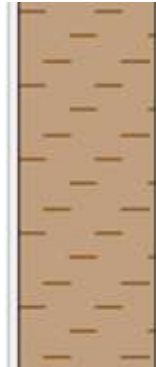


Рисунок 2. – Характеристики глинистого грунта озёрно-ледникового происхождения при условии учета анизотропии

Характеристики глинистого грунта озерно-ледникового происхождения, полученные нами при условии игнорирования анизотропии представлены на рисунке 3.

Глина низкой/средней пластичности (CL, CI), консистенция полутвёрдая

Удельный вес:	$\gamma = 18,45 \text{ кН/м}^3$
Напряжённое состояние:	эффективное
Угол внутреннего трения:	$\phi_{ef} = 23,00^\circ$
Удельное сцепление грунта:	$c_{ef} = 10,00 \text{ кПа}$
Угол трения конструкция-грунт:	$\delta = 0,00^\circ$
Грунт:	связный
коэффициент Пуассона:	$\nu = 0,35$
Удельный вес водонасыщенного грунта:	$\gamma_{sat} = 18,45 \text{ кН/м}^3$

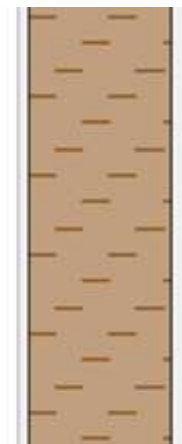


Рисунок 3. – Характеристики глинистого грунта озерно-ледникового происхождения при условии игнорирования анизотропии

Были созданы и подробно проанализированы как расчетная схема, так и схема загрузки подпорной стенки углового типа, которые представлены на рисунках 4 и 5 соответственно.

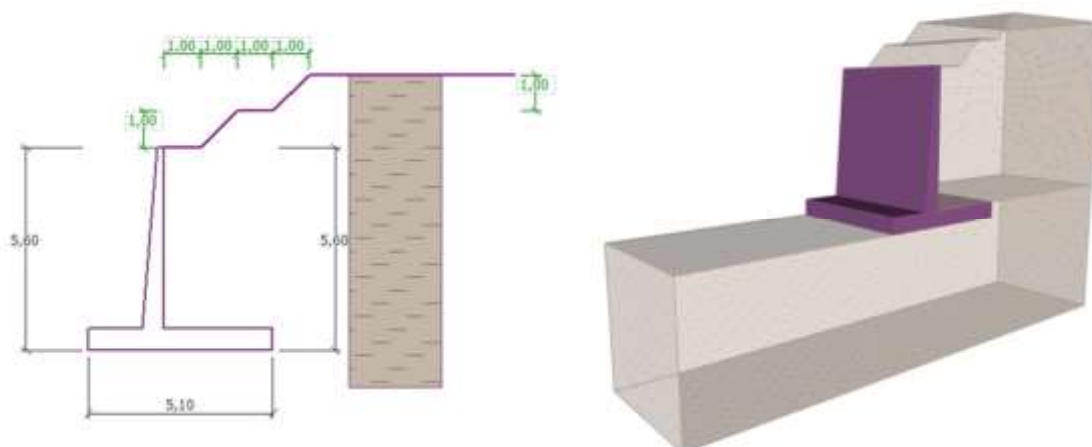


Рисунок 4. – Расчетная схема подпорной стенки углового типа

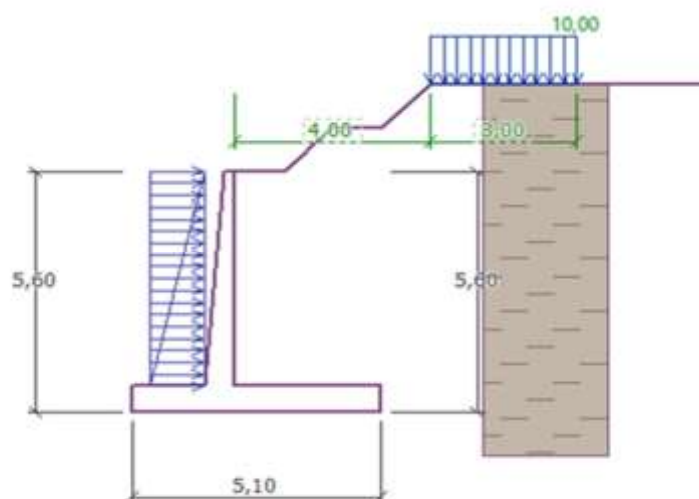


Рисунок 5. – Схема загрузки подпорной стенки углового типа

В расчетной схеме учтены все основные параметры конструкции, такие как геометрические размеры, расположение элементов, а также виды и распределение нагрузок, действующих на стенку. Схема загрузки подробно иллюстрирует виды и направления сил, действующих на конструкцию.

В процессе проведения расчетов подпорной стенки углового типа, выполненных как с учетом, так и без учета анизотропных свойств глинистого грунта, нами были получены комплексные результаты, включающие детальные проверки устойчивости конструкции на опрокидывание и горизонтальные перемещения [2]. Кроме того, была проведена общая оценка состояния стенки, учитывающая все действующие нагрузки и влияние различных факторов на ее надежность и долговечность. Численные значения расчета, представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Численные значения расчета подпорной стенки с учетом и без учета анизотропии

Расчетные параметры подпорной стенки	С учетом анизотропии	Без учета анизотропии
1. Удерживающий момент M_{res} , кНм/м	1389,38	1362,33
2. Опрокидывающий момент M_{ovr} , кНм/м	379,53	327,58
3. Коэффициент запаса по моменту	3,66	4,16
4. Горизонтальная удерживающая сила H_{res} , кН/м	196,5	217,26
5. Горизонтальная сдвигающая сила H_{act} , кН/м	99,78	78,59
6. Коэффициент запаса по сдвигающей силе	1,97	2,76

Кроме численных результатов расчетов, в программе были построены эпюры распределения изгибающего момента и сдвигающей силы для подпорной стенки углового типа, выполненные в двух вариантах: с учетом анизотропных характеристик грунта и без их учета [3]. Эпюры представлены на рисунках 6 и 7.

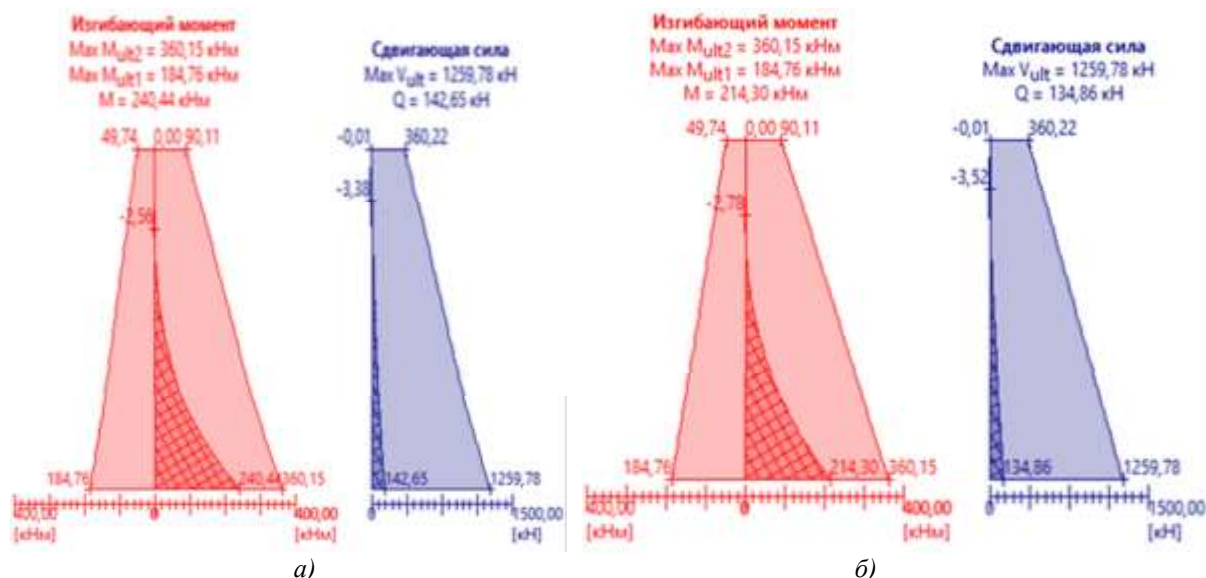


Рисунок 6. – Эпюры внутренних усилий с учетом анизотропии (а) и без учета анизотропии (б)

Заключение. Полученные в ходе расчетов результаты свидетельствуют о необходимости учета влияния прочностной анизотропии грунтов на устойчивость и несущую способность подпорных конструкций. Игнорирование анизотропии свойств грунта, приводит к завышению расчетных значений коэффициентов запаса, увеличивая тем самым потенциальный риск необоснованной оценки устойчивости подпорных конструкций. Учет анизотропии при выполнении расчётов позволяет получить более точные результаты, максимально соответствующие естественной природе грунтового массива, что критически важно для объективной оценки устойчивости [4; 5].

Анализ эпюр, представленных на рисунках 8 и 9, подтверждает существенное влияние анизотропии на силовые параметры: наблюдаемый рост изгибающих моментов и сдвигающих усилий требует пересмотра проектных решений – усиления конструкции, оптимизации геометрии или схем армирования. Игнорирование этого фактора, хотя и позволяет минимизировать материальные затраты за счёт занижения нагрузок, несёт в себе скрытые угрозы. В условиях выраженной анизотропии подобное упрощение в расчетах, может привести к деформациям, критической потере прочности и даже аварийным сценариям [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Кремнёв, А.П. Анизотропия прочностных свойств глин севера Беларуси [Электронный ресурс] / А.П. Кремнёв, Н.Н. Вишняков — Режим доступа: <https://doi.org/> (дата обращения: 10.10.2025).
2. Специальные варианты подпорных стенок [Электронный ресурс] // Стенок. — URL: <https://gabicom.ru/gabioni/specialnie-varianti-podpornih-stenok/> (дата обращения: 11.04.2025).
3. Виды подпорных стенок и их классификация [Электронный ресурс] // Классификация. — URL: <https://1landscapedesign.ru/gabion/vidy-podpornyx-stenok.html> (дата обращения: 15.02.2025).
4. Анализ типов подпорных сооружений [Электронный ресурс] // Сооружений. — URL: https://docviewer.yandex.by/view/1722513313/?*=JH%2B7efy%2F118ilk5Xd6nc9DT%2F8RV7InVyBCi6Imh0dHBzOi8vZG9ydmVzdC5ydS9pbWFnZXMvbm9t%3D%3D&lang=ru (дата обращения: 05.03.2025).
5. Бетонные подпорные стенки. Толстостенные и тонкостенные [Электронный ресурс] // Стенки. — URL: <https://gabionpro.ru/articles/betonnye-podpornye-stenki> (дата обращения: 28.02.2025).

УДК 331.45

ВНЕДРЕНИЕ ПОВЕДЕНЧЕСКОГО АУДИТА БЕЗОПАСНОСТИ С ЦЕЛЮ СНИЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ

А.А. ЗУЕВА

(Представлено: канд. тех. наук, доц. Ю.А. Булавка)

В работе представлены результаты внедрения поведенческого аудита безопасности с целью снижения производственного травматизма при выполнении строительно-монтажных работ на примере филиала «Новополоцкое управление ОАО «Белтеплоизоляция». Определено, что в целом внедрение поведенческого аудита безопасности позволяет своевременно выявлять случаи небезопасного поведения работников, выстраивать доверительные отношения между работниками и руководителями, определять слабые места в процессах управления и своевременно устранять ошибки и, как следствие, предотвращать несчастные случаи на производстве.

Одной из наиболее важных отраслей мировой экономики является строительство, в которой задействовано более 100 миллионов человек, на данную отрасль приходится около 10% мирового ВВП, вместе с тем она характеризуется высокой травмоопасностью [1; 2]. Из более 330 тыс. летальных исходов от несчастных случаев на производстве ежегодно регистрируемых в мире около 20% всех смертельных случаев травматизма на рабочих местах приходится именно на строительную отрасль, каждый день в мире на строительных площадках погибает около 200 работников и еще 1600 получают тяжелые травмы, как правило, приводящие к потере трудоспособности. К наиболее травмоопасным видам работ в строительной отрасли относят: работы на высоте, работы с кранами и подъемными механизмами, земляные работы и работы с электрооборудованием [2]. Наибольшая доля производственных травм в строительстве регистрируется при выполнении работ на высоте – более 25% от общего количества травм в отрасли [3–7].

На рисунке 1 приедена динамика изменения коэффициента смертельного производственного травматизма на 100 тыс. работников в строительных отраслях ряда стран за период с 1980-2024 гг. составленная на основе данных статических баз Международной организации труда [1–3].

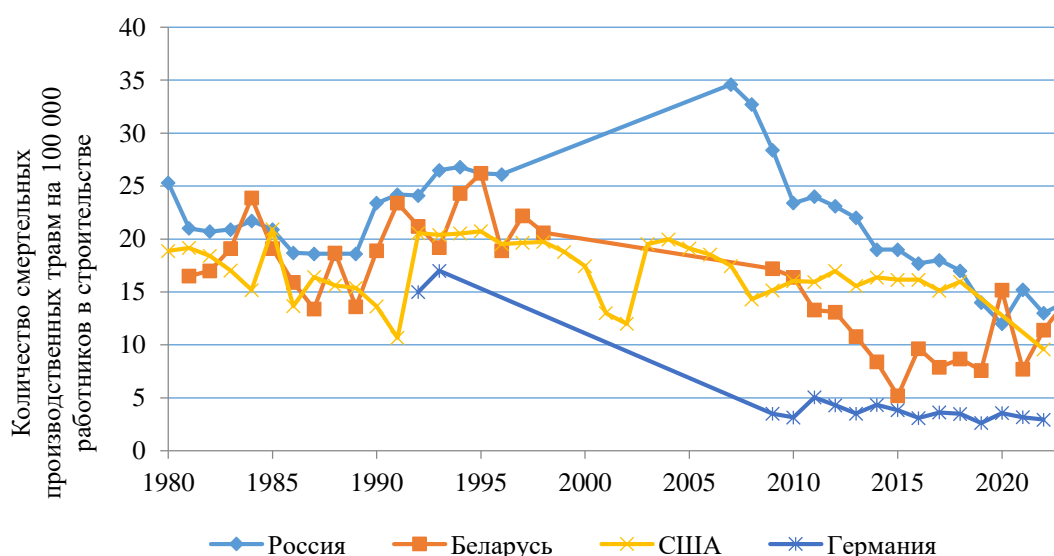


Рисунок 1. – Динамика изменения коэффициента смертельного производственного травматизма на 100 тыс. работников в строительных отраслях ряда стран за период с 1980-2023 гг.

Анализ усредненного показателя за рассматриваемый период наблюдения показал, что наиболее высока вероятность гибели в строительных отраслях Российской Федерации – $2,1 \cdot 10^{-5}$, в США и Республике Беларусь по $1,6 \cdot 10^{-5}$, вместе с тем в ряде европейских стран подобные уровни риска являются недопустимыми. К примеру, в Нидерландах парламентом в качестве государственного закона, исходя из экономических и социальных возможностей страны, установлена приемлемая обществом вероятность смерти в течение

года для граждан от опасностей, связанных с работой на уровне менее 10^{-6} . Данное обстоятельство обуславливает необходимость разработки специализированных программ по профилактике производственного травматизма в строительстве и, в частности, на основе поведенческого аудита безопасности [1; 8].

Поведенческий аудит безопасности (ПАБ) – это механизм обеспечения безопасности, который включает процесс наблюдения за поведением рабочего при выполнении производственных заданий с последующей, мотивирующей или обучающей беседой руководителя с наблюдаемым работником с целью выявления и предупреждения опасных действий и/или поощрения безопасного поведения сотрудников [9–10]. ПАБ нацелен на немедленное исправление опасного поведения, поддержку безопасного поведения, а также поощрения тех усилий, которые работник приложил, чтобы выполнить требования безопасности. Одной из ключевых задач инструмента является выявление и исправление причин отклонения поведения работника, которые могут привести к травмам [9–10]. Данный подход позволяет выявить слабые стороны системы управления охраной труда на регламентирующем, организационном и квалификационном уровнях. Процедура поведенческого аудита проводится поэтапно: планирование, сбор данных, анализ данных, оценка, разработка плана действий. Основным этапом ПАБ – наблюдение за сотрудниками, которое предполагает наблюдение за одним или несколькими сотрудниками, выполняющими задание на рабочем месте во время повседневных обязанностей. В состав ПАБ входит анализ результатов и разработка конечных мероприятий. После проведения наблюдения с работником проводится разъяснительная беседа или так называемая «обратная связь», которая предназначена для обсуждения положительных и позитивных моментов, выявленных в ходе наблюдения. Если обнаружено небезопасное поведение – работнику дается корректирующая обратная связь в корректной форме, основной задачей, которой является не наказать и обвинить работника, а сфокусировать его внимание на безопасном поведении [9–10]. Процесс наблюдения и заполнения карты наблюдений не является трудоемким и длительным по времени – как правило, занимает от 15 до 20 минут. Наблюдатель отмечает как безопасные, так и небезопасные поведение и условия, а также любые действия, которые вызывают дискомфорт и опасения. О периодах наблюдения объявляется работникам заранее, чтобы процесс не воспринимался как ловушка.

Карты поведенческого аудита передаются аудитору для обработки данных, и учета в работе при проведении оценки профессионального риска. Анализ результатов аудита является ключевым вкладом в совершенствование оценки профессиональных рисков в организации [9–10]. Анализ проводится так, чтобы выявить частоту опасных действий или условий, происходящих на конкретных участках или относящихся к конкретным видам работ. Анализ результатов аудита необходимо вести по следующим параметрам: выявление наиболее проблемных областей по категориям наблюдения; количество опасных действий и условий в зависимости от потенциальной тяжести последствий; расчет следующих показателей:

1. Индекс опасных ситуаций:

$$\text{ИОС} = \frac{\text{Общее количество опасных действий и условий за месяц}}{\text{Количество наблюдаемых работников}} \quad (1)$$

Значение индекса опасных ситуаций говорит о том, какое количество наблюдаемых опасных действий (ОД)/опасных условий (ОУ) приходится на одного работника в среднем. Снижение значения данного показателя говорит о положительной динамике поведения работников (сокращается число работников, демонстрирующих опасное поведение) или об улучшении условий труда (сокращение количества ОУ на объектах).

2. Коэффициент безопасного поведения (КБП):

$$\text{КБП} = \frac{\text{Количество безопасных действий}}{\text{Количество опасных действий} + \text{Количество безопасных действий}} \quad (2)$$

При расчёте КБП учитывается общее количество выявленных в рамках аудита безопасных действий. Значение коэффициента безопасного поведения отражает процент безопасных действий по отношению к общему количеству действий наблюдаемых работников. КБП используется для определения отправной точки и для сравнительного анализа изменения показателей безопасного поведения с течением времени. Изменение этого коэффициента в сторону уменьшения может свидетельствовать об угрозе безопасности, либо в случае его увеличения об исправлении нежелательного опасного поведения.

3. Коэффициент опасных действий/опасных условий

$$\text{К ОД/ОУ} = \frac{\text{Количество выявленных ОД}}{\text{Количество выявленных ОУ}} \cdot 100\% \quad (3)$$

Снижение данного коэффициента дает возможность отследить изменения поведения работников (переход от опасного к безопасному поведению), а также степень вовлеченности работников в процесс выявления опасных условий.

На основании результатов проведенного анализа устанавливаются причинно-следственные связи возникновения опасных ситуаций, которые позволят разработать корректирующие мероприятия, направленные на исправление опасного поведения работников и устранение опасных условий.

В рамках данного исследования выполнен анализ результатов внедрения поведенческого аудита безопасности в филиале «Новополоцкое управление ОАО «Белтеплоизоляция» на участке строительно-монтажных работ профессиональной группы изолировщиков на термоизоляции, выполненный на протяжении 88 рабочих смен (период с июля по октябрь 2024 года). Основной вид деятельности ОАО «Белтеплоизоляция» – строительно-монтажные и ремонтно-строительные работы по тепловой изоляции трубопроводов и оборудования [11-14]. Наблюдение проведено на разных участках производства строительно-монтажных работ в 4 бригадах с 45 изолировщиками.

Наблюдение показало, что в первые 4 смены реализации поведенческого аудита работники чувствовали дискомфорт при производстве работ, во время нахождения на участке производства работ инспектора, который характеризовался спешкой при выполнении теплоизоляционных работ, частотой смены положения тела и инструмента, волнением среди работников, и слабой концентрации внимания на производственных процессах. В последующем, когда прошли два полных цикла поведенческого аудита, разъяснения и беседы с наблюдаемыми работниками, инспектор (инженер по охране труда) не воспринимался в «штыки», и, по большей части, на него работающие не обращали внимание, определено, что произошла адаптация к нововведению и принятие новых условий за четыре дня (четыре рабочие смены). Всего за 88 смен выявлено: 67 опасных условий (производство работ на высоте (эстакады, леса), тепловое излучение от работающих трубопроводов, производство работ в стесненных условиях, на открытом воздухе, запыленность воздуха при демонтаже и монтаже теплоизоляционного слоя, и др.); 393 опасных действий (в том числе намеренное неприменение средств индивидуальной защиты, неосторожность во время спуска-подъема по лестницам, применении инструмента и др.); 405 безопасных действия.

По результатам поведенческого аудита установлено, что индекс опасных ситуаций (ИОС) составил 32,5% в июле, снизился в августе ИОС до 17,6%, а в сентябре составил 18,9%, и снова упал в октябре до 11,89%. Динамика выявления опасных условий и опасных действий при проведении поведенческого аудита за период июль-октябрь 2024г. представлена на рисунке 2.

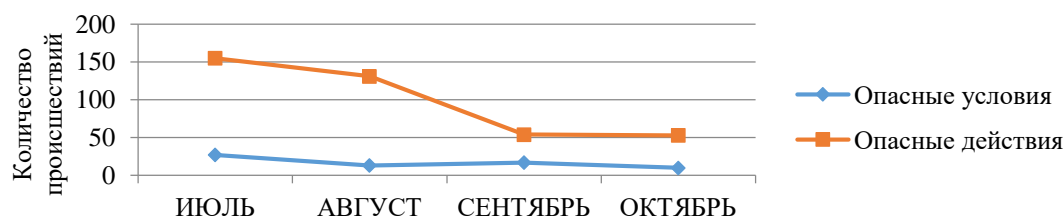


Рисунок 2. – Динамика выявления опасных условий и опасных действий при проведении поведенческого аудита за период июль-октябрь 2024г.

Процент безопасных действий по отношению к общему количеству действий наблюдаемых работников в июле составил 0,39%, в августе этот показатель составил 0,43%, в сентябре и октябре – 0,65%, что говорит об исправлении нежелательного поведения, искоренения ошибок, и увеличении заинтересованности и вовлеченности работников в обеспечении собственной безопасности. Коэффициент опасных действий/опасных условий показал прирост показателя к августу 10,7% (в то время как в июле он составил 5,74%), в сентябре произошел спад до 3,1%, октябрь до 5,3%.

В результате наблюдений с использованием контрольного листа, составлен перечень и квантифицированы опасности, свойственные для рабочего места изолировщика на термоизоляции, характеризующий каждый цикл производства теплоизоляционных работ в различных условиях рабочей среды, при этом в процесс идентификации опасностей были вовлечены работники, непосредственно осуществляющие теплоизоляционные работы, что положительно сказалось на оперативности и достоверности получаемых данных.

Таким образом, внедрение поведенческого аудита безопасности с целью снижения производственного травматизма при выполнении строительно-монтажных работ в целом позволяет своевременно выявлять случаи небезопасного поведения персонала, выстраивать доверительные отношения между работниками и руководителями, определять слабые места в процессах управления и своевременно устранять ошибки и, как следствие, предотвращать несчастные случаи на производстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Подготовка и обучение работников как элемент обеспечения безопасности при строительстве атомной электростанции в Арабской республике Египет. / Кожарский, С. Г., Капустина, О. В., Булавка, Ю. А. // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. F. Строительство. Прикладные науки. – 2025. – № 2. – С. 31–35. doi.org/10.52928/2070-1683-2025-41-2-31-35.
2. Анализ смертельного травматизма в строительной отрасли российской федерации и ряде других зарубежных стран / Матюшева Н.В., Худякова В.М., Войнаш С.А., Сабитов Л.С. // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 9 (117). – С. 129–145.
3. Внедрение новых организационных мер безопасности при работе на высоте в строительстве / Карауш С.А., Сенченко В.А. // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015. – № 4(51). – С. 186–191.
4. Концепция технических мер безопасности при выполнении высотных работ на крышах зданий в условиях арктического севера/ Сенченко В.А., Пушенко С.Л., Стасева Е.В. // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2018. – № 51(70). – С. 178–185.
5. Мировая статистика по причинам падений с высоты / М. В. Антонов // Информационные технологии (ИТ) в контроле, управлении качеством и безопасности: сборник научных трудов VIII Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых "Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее", 7 -12 октября 2019 г., г. Томск. – Томск : Изд-во ТПУ, 2019. – С. 23–27.
6. Совершенствование страховочных систем при проведении работ на высоте / Абдрахманов Н. Х., Закирова З. А., Шарафутдинова Г. М., Кочергин М. Ю., Султанова Р. А., Денисова Ю. А., Наванова А. К. // Сетевое издание «Нефтегазовое дело». – 2024. – № 3. – С. 31–52. <https://dx.doi.org/10.17122/ogbus-2024-3-31-52>.
7. Анализ травматизма и несчастных случаев при производстве работ на высоте /П. А. Козырицкий // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2010. – № 2(27). – С. 170–178.
8. Формирование культуры безопасности при строительстве атомной электростанции в Арабской Республике Египет /Кожарский С.Г., Капустина О.В., Булавка Ю.А. Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. F. Строительство. Прикладные науки. – 2024. – № 2(37). – С. 31-35. <https://doi.org/10.52928/2070-1683-2024-37-2-31-35>.
9. Создание проактивной культуры безопасности на промышленном предприятии посредством внедрения поведенческого аудита безопасности/ А. А. ЗУЕВА, Ю. А. БУЛАВКА // ПУТЬ В НАУКУ. ПРИКЛАДНЫЕ НАУКИ. ПРОМЫШЛЕННОСТЬ [Электронный ресурс] : электрон. сб. науч. тр. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой, 2024. – Вып. 54(124). – URL: https://journals.psu.by/specialists_industry –С. 182–184.
10. Формирование корпоративной культуры безопасности на промышленном предприятии / А. А. ЗУЕВА, Ю. А. БУЛАВКА//ПУТЬ В НАУКУ. ПРИКЛАДНЫЕ НАУКИ. ПРОМЫШЛЕННОСТЬ [Электронный ресурс] : электрон. сб. науч. тр. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой, 2024. – Вып. 54(124). – URL: https://journals.psu.by/specialists_industry – С. 182–184.
11. Гигиеническая оценка условий труда изолировщика на термоизоляции с учетом пылевого фактора / Зуева А.А., Булавка Ю.А. // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: сб. материалов XVIII Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Минск, 18 апреля 2024 г. – Минск: УГЗ, 2024. – С.71-73.
12. Идентификация опасностей на рабочем месте изолировщика на термоизоляции с применением контрольного листа для наблюдений и собеседований / Зуева А. А., Булавка Ю. А.//Проблемы обеспечения безопасности людей при пожаре и взрыве сб. материалов международной заочной научно-практической конференции: Минск: УГЗ, 2024. –С. 107–112
13. Оценка профессионального риска для изолировщиков на термоизоляции технологических трубопроводов на территории НПЗ / А.А. Зуева, Ю.А. Булавка // Актуальные проблемы недропользования: тезисы докладов XX Всероссийской конференции-конкурса студентов выпускного курса и аспирантов. Санкт-Петербург– Т. 1. – 2025. – С. 249–252.
14. Анализ влияния загрязнения окружающей среды аэрозолями искусственных минеральных волокон на состояние здоровья работающих при выполнении теплоизоляционных работ /Зуева А. А., Булавка Ю. А.// Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. F. Строительство. Прикладные науки. – 2024. – № 4. – С. 88–91. doi.org/10.52928/2070-1683-2024-39-4-88-91.

УДК 331.45

**КОМПЛЕКС МЕР ЗАЩИТЫ ИЗОЛИРОВЩИКОВ НА ТЕРМОИЗОЛЯЦИИ,
КОНТАКТИРУЮЩИХ С АЭРОЗОЛЯМИ ИСКУССТВЕННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН****А.А. ЗУЕВА***(Представлено: канд. тех. наук, доц. Ю.А. Булавка)*

В работе представлены результаты исследований условий труда изолировщиков при проведении теплоизоляционных работ с использованием изделий из минеральной и стеклянной ваты. Определено, что условий труда классифицируются как вредные 3 класса 2 степени; в воздухе рабочей зоны, у лиц занятых работами с использованием минеральных ват обнаружена мелкодисперсная пыль в виде твердых частиц в усредненной концентрации превышающей ПДК_{р.з} для минеральных волокон в 1,8 раза. Предложен комплекс технических и организационных мер защиты изолировщиков на термоизоляции, контактирующих с аэрозолями искусственных минеральных волокон, внедрение которого позволит снизить уровень профессионального риска и предотвратить развитие профессиональных заболеваний и производственно обусловленных заболеваний у работников при выполнении ими строительно-монтажных работ.

По статистическим данным Международной организации труда ежегодно в мире регистрируется более 160 случаев профессиональных заболеваний, при этом от заболеваний, связанных с производством погибает в 6,5 раз больше работников, чем от производственных травм [1–4]. Анализ причин летальных случаев, связанных с работой показал, что наибольшую долю составляют заболевания системы кровообращения (более 30% всех случаев) и новообразования (более 26%), а заболевания органов дыхания занимают третье ранговое место (более 17%). Значительная часть профессиональных заболеваний органов дыхания обусловлена воздействием производственной пыли раздражающее действие которой провоцирует развитие хронической обструктивной болезни лёгких, хронического ринофарингита и хронического пылевого бронхита; фиброгенное действие – пневмокониоза; аллергическое действие – профессиональной бронхиальной астме и экзогенного аллергического альвеолита; а канцерогенное действие приводит к развитию мезотелиомы плевры и профессиональных опухолей лёгких [4].

В связи ограничением в большинстве стран мира использования асбеста существенно возросла роль неорганических теплоизоляционных материалов таких, как минеральная и стеклянная вата и изделий на их основе. В частности, в Республики Беларусь объем производства подобных теплоизоляционных материалов за последние десять лет вырос практически на 300% [1–4]. Вместе с тем, влияние загрязнения окружающей среды пылью минеральной и стеклянной ваты и её влияние на работников при выполнении теплоизоляционных работ изучено недостаточно.

Типовой химический состав пыли при выполнении теплоизоляционных работ следующий [4–8]:

а) при использовании минеральной ваты: 43–50% масс. SiO_2 ; 10–25% масс. CaO ; 6–15% масс. Al_2O_3 ; 6–16% масс. MgO ; 3–8% масс. FeO ; 1–3,5% масс. Na_2O ; 0,5–3,5% масс. TiO_2 ; 0,5–2% масс. K_2O ; менее 1% масс. B_2O_3 и P_2O_5 ;

б) при использовании стеклянной ваты: 55–70% масс. SiO_2 ; 13–18% масс. Na_2O ; 5–13% масс. CaO ; до 12% масс. B_2O_3 ; до 7% масс. Al_2O_3 ; до 5% масс. MgO и Fe_2O_3 ; до 3% масс. BaO ; до 2,5% масс. K_2O ; до 1,5% масс. F_2 ; до 0,5 % масс. TiO_2 , SO_3 и Li_2O .

Пыль минеральной ваты относится к мелкодисперсному типу с размером частиц не более 10 мкм и скоростью осаждения в воздухе не более 1 см/с, характеризуется плохой всасываемостью в организме и возможностью длительно витать в воздухе рабочей зоны. Характерное для пыли минеральной и стеклянной ваты высокое содержание свободного диоксида кремния определяет повышенный уровень профессионального риска по фиброгенному эффекту для изолировщиков на термоизоляции оборудования и трубопроводов при длительном воздействии пылевого фактора. Пыль минеральной ваты может оказывать токсичное действие на клетки кровеносного русла организма, сердечно-сосудистой, органов дыхания, пищеварения, легочной систем, а также вызвать механическое раздражающее действие на верхние дыхательные пути, слизистую оболочку глаз и кожу. Кроме того, отрицательный заряд пылевых частиц способствует их задержанию в дыхательных путях, что увеличивает риск заболеваний [4–8].

В пробах воздуха рабочей зоны при работе с минеральной и стеклянной ватой выявляются соединения тяжёлых металлов: Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, содержание некоторых из них приведено в таблице 1.

Известно, что в основе токсического действия тяжелых металлов лежат их химические свойства, в первую очередь высокое сродство к SH-группам белков, процессы полидентатного связывания, а также реакции конкурентного замещения. Кроме того, универсальным механизмом токсического действия тяжёлых металлов является активация свободнорадикального и пероксидного окисления, повреждающего важнейшие молекулярные и надмолекулярные структуры белков, липидов и нуклеиновых кислот биологических мембранах. Основными патологическими процессами считают каталитическое или тормозящее воздействие на биохимические процессы, образование свободных радикалов, механическое разрушение клеток. Следовательно, у лиц при длительном аэрогенном воздействии на них мелкодисперсной пыли, содержащей соединения тяжёлых металлов, возможны нарушение проницаемости альвеолярного барьера и, как следствие, возникновение гипоксии, которая способствует увеличению риска патологии кардиореспираторной системы [4–8].

Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов в составе мелкодисперсной пыли минеральной ваты (мг/кг)

Тип минеральной ваты	Наименование металлов						
	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn
Плиты минераловатные жёсткие на синтетическом связующем ТШ 64-00295113-01:2011	110	165	345	20	78	465	50
Базальтовое тонкое волокно ТУ 64-16625423-01:07	70	136	408	16	69	625	200
Плита негорящая теплоизоляционная базальтовая ТШ 64-16625423-05:2004	50	133	< 1	15	59	1780	70

В результате проведенных исследований, на примере Филиала «Новополоцкое управление ОАО «Белтеплоизоляция», установлено, что условия труда при проведении теплоизоляционных работ с использованием изделий из минеральной и стеклянной ваты классифицируются как вредные 3 класса 2 степени; в воздухе рабочей зоны, у лиц занятых работами с использованием минеральных ват обнаружена мелкодисперсная пыль в виде твердых частиц в усредненной концентрации $7,20 \text{ мг/м}^3$, что превышает ПДК для минеральных волокон в 1,8 раза; в условиях рассчитанной пылевой нагрузки изолировщик на термоизоляции может проработать не более 13,8 лет; вероятность развития пневмокониоза у изолировщика на термоизоляции при работе с минеральной ватой на протяжении 5 лет с учетом среднесменной концентрации пыли $7,20 \text{ мг/м}^3$ составляет 40%; риск утраты здоровья работающими занятыми на теплоизоляционных работах в контакте с минеральной ватой при использовании трехуровневой шкалы оценки значимости рисков, определён как «высокий». Показатели заболеваемости по классу болезней органов дыхания изолировщиков на термоизоляции превышают аналогичные значения в группе контроля по случаям и дням, что может быть обусловлено высоким уровнем загрязнения воздуха рабочей зоны пылью минеральной и стеклянной ваты. Расчет относительного риска и этиологической доли (по дням временной нетрудоспособности и по количеству болевших лиц) позволил подтвердить неблагоприятное влияние условий труда в основной группе на развитие заболеваний органов дыхания [1-4].

Интенсивность процессов выделения в воздух рабочей зоны мелкодисперсной пыли минеральной и стеклянной ваты зависит от этапа работ по тепловой изоляции, в частности, на этапе транспортировки и распаковки пакетов прошивных из минеральной ваты на работника воздействие пыли незначительно; на этапе замеров, подгонки и вырезки необходимой заготовки пакетов прошивных из минеральной ваты, образуется пыль в больших объемах т.к. при нарезании строительным ножом для теплоизоляционных материалов целостность структуры пакета нарушается и частицы минеральной и стеклянной ваты легко рассеиваются в воздухе рабочей зоны, попадая на специальную одежду работника, кожу и слизистые оболочки; на этапе монтажа теплоизоляционного материала из минеральной ваты и стекловолна изолировщик на термоизоляции переносит формованный материал на рабочую поверхность трубопровода или оборудования и укладывает его, закрепляя проволоочными кольцами - этот процесс характеризуется большим пылевыделением в воздух рабочей зоны мелкодисперсной пыли (по данным замеров, превышая ПДК в 4,2 раза); этап демонтажа старой тепловой изоляции при текущем ремонте трубопроводов и оборудования заключается во вскрытии покровного слоя тепловой изоляции и удалении старого теплоизоляционного слоя, который часто под воздействием высоких температур теряет свои свойства (целостность, влажность, сжимаемость, теплопроводность и др.). При демонтаже такой материал легко рассеивается в воздухе рабочей зоне в виде мелкодисперсной пыли сразу после вскрытия покровного слоя.

Разработан комплекс технических и организационных мер защиты изолировщиков на термоизоляции, контактирующих с аэрозолями искусственных минеральных волокон с целью снижения влияния пылевой нагрузки в процессе производства теплоизоляционных работ, включающий следующие:

1. технические меры:

- использование современных материалов с улучшенными эксплуатационными свойствами, с добавлением связующих веществ снижающих пылеобразование (жидкая изоляция; аэрогель-материалы; изоляционное покрытие в виде нано-краски, структурированного силикона и эвакуированных керамических микросфер и прочие);
- применение специальных увлажнителей или антипыляющих растворов для предварительной обработки материалов;
- использование систем тонкодисперсного распыления воды в рабочих зонах для связывания частиц пыли в воздухе (создается мелкодисперсный туман, состоящий из капель воды размером от 5 до 50 микрон, которые захватывают частицы пыли, увеличивая их массу, что приводит к их оседанию на поверхности или на землю);
- применение электроножей с вытяжкой пыли (таких как Bosch GSG 300 с системой пылеудаления Bosch GAS 35 l AFC – пылесосом с функцией автоматической фильтрации и очистки; Makita BJV180Z аккумуляторный лобзик может использоваться с пылеотсосом Makita VC4210LX1, что позволяет эффективно удалять пыль во время резки; Festool PSC 420 EB - беспроводной лобзик, который можно подключить к пылесосу Festool для эффективного удаления пыли во время работы, DeWalt DCS570B с пылесосом - эта беспроводная циркулярная пила может работать в сочетании с пылесосом для удаления пыли);

– установка мобильных вытяжных систем или локальной аспирации, которая удаляет пыль непосредственно на рабочем месте;

– использование респираторов с фильтрами класса P3 для защиты дыхательных. Респираторы с фильтрами класса P3 (примеры на рынке СИЗ: 3М 9332A+, Moldex 7000 Series, Honeywell 5321, Dräger X-plore 2330, Sundström SR 297, Moldex 8000 Series) способны задерживать более 99,9% частиц размером до 0,3 микрона, что делает их эффективными в условиях работы с изоляционными материалами. В дополнение к респираторам, рекомендуется использовать одноразовую защитную одежду, изготовленную из материалов, устойчивых к проникновению пыли (таких как DuPont Tyvek 500 или 3М Protective Coverall 4510).

– применение портативных устройств для замеров концентраций пыли в воздухе рабочей среды в реальном времени, которые позволят своевременно принимать меры по снижению пылевой нагрузки на работника (к примеру, эффективен портативный анализатор пыли TSI DustTrak II которой может измерять концентрацию аэрозолей в воздухе в диапазоне от 0,001 до 150 мг/м³, либо Aeroqual Series 200/300);

2. организационные меры:

– совершенствование методики оценки рисков на предприятии с учетом оценки апостериорной составляющей профессионального риска по показателям заболеваемости работников;

– внедрение поведенческого аудита в процессы системы управления охраной труда на предприятии, которая позволит закрепить правильную модель поведения работника и скорректировать его опасное поведение, а также позволит выявить причинно-следственные связи выполнения работ с нарушением требований безопасности и оценивать эффективность деятельности по обеспечению охраны труда;

– проведение обучения и повышения квалификации персонала посредством проведения регулярных тренингов и семинаров; диалоговых площадок, регулярных встреч с руководством и специалистами по охране труда для обсуждения критических вопросов, касающихся безопасности труда. Организация экспертной площадки посредством фасилитаторов – это могут быть как эксперты внутри организации, так и приглашенные специалисты, которые помогут наладить коммуникации в области безопасности для всей организации;

– создание системы наставничества в целях оказания помощи работнику в освоении профессии и овладении в полном объеме должностными обязанностями, вовлечения работника в трудовой процесс и общественную жизнь организации, формирования высоких нравственных принципов, чувства долга и ответственности, создания в коллективе благоприятного социально-психологического климата.

Внедрение предлагаемого комплекса технических и организационных мер защиты изоляторов на термоизоляции, контактирующих с аэрозолями искусственных минеральных волокон позволит снизить уровень профессионального риска, поддерживать безопасные условия труда в процессе производства теплоизоляционных работ и предотвратить развитие профессиональных заболеваний и производственно обусловленных заболеваний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гигиеническая оценка условий труда изоляторов на термоизоляции с учетом пылевого фактора/ Зуева А.А., Булавка Ю.А. // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: сб. материалов XVIII Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Минск, 18 апреля 2024 г. – Минск: УГЗ, 2024. – С.71-73.
2. Идентификация опасностей на рабочем месте изоляторов на термоизоляции с применением контрольного листа для наблюдений и собеседований / Зуева А. А., Булавка Ю. А./Проблемы обеспечения безопасности людей при пожаре и взрыве сб. материалов международной заочной научно-практической конференции: Минск: УГЗ, 2024. –С. 107-112
3. Оценка профессионального риска для изоляторов на термоизоляции технологических трубопроводов на территории НПЗ / А.А. Зуева, Ю.А. Булавка// Актуальные проблемы недропользования: тезисы докладов XX Всероссийской конференции-конкурса студентов выпускного курса и аспирантов. Санкт-Петербург– Том 1. - 2025. - С.249-252
4. Анализ влияния загрязнения окружающей среды аэрозолями искусственных минеральных волокон на состояние здоровья работающих при выполнении теплоизоляционных работ /Зуева А. А., Булавка Ю. А.//Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки, (4), 2024. С. 88-91. doi.org/10.52928/2070-1683-2024-39-4-88-91
5. Гутич, Е.А. Особенности заболеваемости и оценка профессионального риска здоровью работников, имеющих контакт с аэрозолями искусственных минеральных волокон/ Е.А. Гутич, Г.Е. Косяченко, С.И. Сычик // Анализ риска здоровью. - №4. – 2019. - С.113-118.
6. Brown, R.C. Alkaline earth silicate wools – A new generation of high temperature insulation/ R.C. Brown, P.T.C. Harrison//Regulatory Toxicology and Pharmacology. V.64, Issue 2, 2012, P.296-304 doi.org/10.1016/j.yrtph.2012.08.020
7. Копытенкова, О.И. Гигиеническая оценка условий труда в отдельных профессиях строительных организаций / Копытенкова О.И., Турсунов З.Ш., Леванчук А.В., Мироненко О.В., Фролова Н.М., Сазонова А.М. // Гигиена и санитария. – 2018. – В. 97(12) – С. 1203–1209.
8. Копытенкова, О.И. Оценка риска ущерба для здоровья при воздействии мелкодисперсной пыли минеральной ваты / О.И. Копытенкова, А.В. Леванчук, З.Ш. Турсунов // Казанский медицинский журнал. – 2014. – Т. 95(4) : Гигиена труда. – С. 570–574.

УДК 332.1:659.126

КОНКУРСНАЯ МОДЕЛЬ РАЗРАБОТКИ АЙДЕНТИКИ ГОРОДА НОВОПОЛОЦКА**А.Н. КОЗЫРЕНКО***(Представлено: А.В. Фёдорова)*

В статье приводится оригинальное решение для брендинга промышленных городов с ограниченным бюджетом, на примере города Новополоцка. На основе проведенных исследований предлагается использовать ежегодный конкурс для молодых дизайнеров. Метод позволит сэкономить средства, обеспечить постоянное обновление визуального языка, решить задачи вовлечения молодежи и поддержки местных талантов, формируя динамичный бренд города.

Актуальность разработки целостной айдентики для современных промышленных городов, в частности Новополоцка, не вызывает сомнений. Однако ключевым барьером на пути ее реализации часто становится ограниченность бюджетных ресурсов. Традиционная модель, предполагающая разовую разработку стиля силами профессиональной студии, сопряжена с высокими единовременными затратами, что делает ее малоприменимой в условиях бюджетного дефицита. В связи с этим возникает необходимость в поиске альтернативных, экономически рациональных, но не менее эффективных моделей. Данная статья предлагает и обосновывает конкурсную модель как оптимальный инструмент для формирования и постоянного обновления айдентики Новополоцка.

При исследовании детальный расчет затрат на реализацию комплексной айдентики для Новополоцка выявил существенные финансовые обязательства. Суммарные единовременные затраты при реализации силами наемных сотрудников составляют порядка 17,4 тыс. условных единиц, а при обращении в дизайн-студию – возрастают до 21 тыс. условных единиц. В структуре расходов значительную долю занимают не только производство физических носителей (баннеры, сувенирная продукция, навигация), но и затраты на проектирование и обслуживание веб-сайта, а главное – фонд оплаты труда разработчиков.

Проведенный анализ демонстрирует, что выделение средств в таком объеме является экономически невыгодным для муниципального бюджета. В качестве решения данной проблемы предлагается система, кардинально снижающая одну из ключевых статей расходов – оплату труда профессиональных дизайнеров. Основой этой системы является организация ежегодного открытого графического конкурса на лучший вариант айдентики, приуроченного, например, ко Дню города.

Мотивационной основой для участия молодых художников и дизайнеров выступает не финансовое вознаграждение, а возможность приобретения весомой работы в профессиональное портфолио и публичное признание от администрации города. Данный подход позволяет не только минимизировать прямые затраты на разработку, но и создать устойчивый механизм ежегодного обновления визуального языка, делая его более динамичным и отвечающим актуальным трендам.

Предлагаемая конкурсная модель обладает рядом стратегических преимуществ, выходящих за рамки прямой экономии бюджета.

Во-первых, она обеспечивает постоянное обновление и актуализацию визуального языка города. В отличие от статичного брендбука, который может устаревать морально, ежегодный конкурс позволяет гибко реагировать на изменения в дизайне, молодежной культуре и городской среде. Это создает живую, эволюционирующую визуальную историю территории.

Во-вторых, модель решает важную социальную задачу по вовлечению молодежи в процессы развития города. Участие в создании официальной символики формирует у молодого поколения чувство сопричастности, ответственности и гордости за свой город, превращая их из пассивных наблюдателей в соавторов городского бренда.

В-третьих, конкурс выполняет функцию выявления и поддержки местных талантов, создавая кадровый резерв для креативной индустрии региона. Он становится социальным лифтом для молодых дизайнеров, предоставляя им уникальную возможность для старта профессиональной карьеры.

Для города Новополоцка как промышленного центра данная модель особенно актуальна, так как позволяет рационально использовать ограниченные ресурсы, одновременно развивая местное креативное сообщество и формируя уникальный, динамичный бренд без крупных капиталовложений.

В рамках исследования была разработана примерная графическая концепция, иллюстрирующая потенциал подхода. При проведении предпроектного и поискового этапа были изучены существующие визуальные коды города (герб, флаг, графические решения различных памятных мероприятий прошлых лет), а также проведен опрос местного населения о предпочтениях [1, 2]. По итогу проектного этапа за основу была взята цветовая палитра, отражающая дуальность идентичности Новополоцка: белый, черный, оранжевый (символизирующий энергию и промышленность) и синий (ассоциирующийся с рекой Западной

Двиной и технологиями). Ключевым графическим элементом выступили линейные изображения, отсылающие к истории и символам города, такие как стилизованное изображение палатки – метафора первостроителей и начала городской истории.

Были разработаны макеты ключевых носителей: логотип, растяжки, плакаты, листовки, а также сувенирная продукция (шоперы, блокноты, брелоки). Данные примеры демонстрируют, как предложенная концепция может быть адаптирована для различных форматов, обеспечивая целостность и узнаваемость визуальной коммуникации во время городских мероприятий (рис.1).



Рисунок 1. – Пример сувенирной продукции

Таким образом, разработка молодежного конкурса на создание айдентики представляет собой экономически выгодную и стратегически перспективную модель для формирования современного визуального образа города Новополоцка. Она позволяет преодолеть ключевое ограничение, связанное с объемом финансирования, и трансформирует его в конкурентное преимущество, заключающееся в динамичности, актуальности и высокой степени вовлеченности местного сообщества.

Реализация данного подхода позволит городу не только решить тактическую задачу по оформлению мероприятий, но и сформировать устойчивую систему постоянного обновления городской идентичности. Эта система будет способствовать переходу от имиджа монофункционального промышленного центра к позиционированию «города будущего» – креативного, открытого для молодежи и привлекательного для жизни и инвестиций. Дальнейшее развитие проекта должно быть связано с совершенствованием механизмов проведения конкурса, расширением форматов применения работ-победителей и внедрением системы оценки эффективности принимаемых визуальных решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Символика города Новополоцка [Электронный ресурс] / Официальный сайт Новополоцкого городского исполнительного комитета. – URL: <https://www.novopolotsk.gov.by/ru/nash-gorod/simvolika> (дата обращения: 07.10.2025).
2. Архивные материалы и публикации по истории городов Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Научно-популярный блог Национального архива Республики Беларусь. – URL: <https://archives.gov.by/blog/news/1040867>. (дата обращения: 07.10.2025).

УДК 721.012

**КОСТЁЛ БЛАГОВЕЩЕНИЯ ПРЕСВЯТОЙ ДЕВЫ МАРИИ
И МОНАСТЫРЬ БРИГИТОК В ГРОДНО****Д.А. КОЛТУНОВА, П.Т. МАУЛИКАЕВА***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Е.Г. Кремнева, Н.А. Железова)*

В данной статье рассматриваются архитектурные особенности и роль в застройке города ансамбля костёла Благовещения Пресвятой Девы Марии и монастыря бригиток в Гродно.

Ключевые слова: готика, костёл, лямус, монастырь, ренессанс.

Архитектурный памятник раннего барокко, костёл Благовещения Пресвятой Девы Марии и монастырь бригиток в Гродно, демонстрирует смешение стилей, включая готику и ренессанс (рисунок 1). Строительство этого комплекса велось с 1634 по 1642 год по проекту итальянского архитектора Бенедетто Моли, финансируемого маршалком литовским К. Веселовским. Ансамбль имеет статус памятника архитектуры республиканского значения второй категории [1].



Рисунок 1. – Бригитский монастырь

Источник: (здесь и далее – [8]).

Для постройки комплекса монастыря бригиток понадобился достаточно большой участок земли. Подходящая территория нашлась в конце улицы Язерской, на углу улицы Новиковской, однако проектировщик был вынужден отступить от канонов строительства. Вместо канонического трёхнефного был воздвигнут однефный костёл, направленный алтарём на восток. Западный фасад был исполнен как монументальная композиция, акцентированная по вертикали. При этом костёл замыкал перспективу улицы Новиковской, делавшей в этом месте изгиб (рисунок 2). Вместо двух помещений для монахов и монашек, которые, должны примыкать к храму с юга и севера, тут был организован один развитый двухэтажный монастырь с замкнутым внутренним двориком (рисунок 3) [2].



Рисунок 2. – Вид на костёл и монастырь бригиток



Рисунок 3. – Вид монастыря с южной стороны, с северо-западной стороны в начале XX в.

Нижний уровень костёла был скрыт высокой стеной, которая служила своего рода пьедесталом, придавая сооружению дополнительную массивность и внушительность.

Как и другие архитектурные доминанты, комплекс монастыря бригиток хорошо соотносился не только с прилегающей застройкой, но и со всем городом. На бывшей улице Язерской стояли два монастыря – Иезуитский и Бригитский. На площади это направление замыкалось Фарным костёлом. Костёлы были ориентированы вдоль улицы и словно вытянуты в кильватерную линию в направлении к замкам [3].

Две архитектурные доминанты на одной улице формировали градостроительный комплекс с локальной осью, подчёркивающей движение к центру города. Смещение всего монастырского комплекса к северо-западному углу участка обусловлено оборонительными мотивами (таким образом осуществлялся контроль важного уличного перекрёстка на подступах к центру), также учитывался ансамбль застройки улицы (рисунок 4).



Рисунок 4. – Основные доминанты города – Фарный костёл (зелёный цвет), Иезуитский костёл (синий цвет) и Бригитский костёл стояли почти на одной линии, создавая локальную градостроительную ось. Жёлтым цветом обозначена улица Язерская (Маркса).

Костёл является центральным элементом комплекса. Помимо него, ансамбль включает храм, жилой корпус, деревянный лямус и каменную ограду с воротами (рисунок 5). Важно отметить, что ранее в состав комплекса входила и высокая башня-колокольня (рисунок 6), которая теперь находится на противоположной стороне улицы [2].

Постройки монастыря отгорожены от улиц каменными стенами высотой около пяти метров, с квадратными в плане башнями по углам. Ограда представляет собой глухую кирпичную оштукатуренную стену, по углам которой стояли небольшие шестигранные башни. Стену прорезают четыре брамы, оформленные в стиле барокко (сохранились три из них) [4].

Архитектура самой монастырской постройки, находящейся за стеной, простая и лаконичная. Двухэтажный жилой корпус - памятник архитектуры барокко, присоединён к северо-западной стене костёла. Жилой корпус - двухэтажное, прямоугольное в плане здание с внутренним двориком. Его небольшие сводчатые помещения традиционно объединены внутренними коридорами-галереями по периметру замкнутого прямоугольного двора.



Рисунок 5. – Утраченная брама с восточной стороны



Рисунок 6. – Башня-колокольня

Костёл представляет собой однефное здание с двумя башнями и полукруглой апсидой, объединённое общей высокой черепичной крышей. Апсида, отделённая от основного зала пилонами и аркой, имеет пропорциональную высоту, равную нефу. Над входом расположена функциональная галерея хора, опирающаяся на два столба и тройную аркаду, и имеющая выход на боковой балкон с винтовой лестницей. Декоративное оформление стен, как внутри, так и снаружи, основано на использовании пилястр стилизованного коринфского ордера, создающих ритм и подчёркивающих структуру (рисунок 7) [5].



Рисунок 7. – Внутренний вид костёла на фото 1930-х годов (слева). Один из алтарей костёла (справа)

Лямус – это многофункциональное, обычно двухэтажное, хозяйственное строение. Оно служило для хранения разнообразных вещей: от продовольствия и одежды до зерна, инвентаря и ценностей. Летом лямусы часто использовались как жилые помещения. Эти постройки были характерны для Западной Беларуси, Польши и Литвы с XVII по начало XX века, встречаясь как в городских условиях, так и в сельских усадьбах [6]. Лямусы строились из кирпича, камня и дерева в технике «прусской стены» в прямоугольном или квадратном плане и завершались двухскатными шатровой или ломаной крышей, покрытой деревянной черепицей. Гродненский лямус – это старейшее деревянное сооружение в Беларуси (рисунок 8). Его уникальность заключается в отсутствии металлических креплений (скоб и гвоздей) при возведении, а также в массивном бутовом фундаменте из усеченных балок. Первый этаж, обращенный к фронтому, представляет собой галерею из девяти пролетов. Второй ярус украшен резной балюстрадой с подоконником. С 2003 года лямус принадлежит Гродненской епархии Римско-католической церкви и признан историко-культурной ценностью страны [7].



Рисунок 8. – Лямус монастыря

Ранее первый этаж лямуса использовался как склад для рабочего инвентаря, а второй – как жилые помещения для монастырской службы и капеллана. Ныне это музей, известный как «Старая хатка». Экспозиция первого этажа представляет собой коллекцию предметов, которыми около ста лет назад пользовались жители деревни и города: это посуда, мебель, инструменты для ухода за бельем, ремесел и рукоделия, а также разнообразный хозяйственный инвентарь. Второй этаж здания отведен под выставочную галерею старинных икон.

Ансамбль Бригитского монастыря не только является культурным наследием Республики Беларусь, но также неотъемлемой составляющей застройки города. В период войн и революций он нередко играл особую роль в плане обороны города, а сейчас ансамбль является великолепным памятником зодчества. Также ансамбль представляет большой архитектурный интерес, потому что сохранился до нашего времени почти без перестроек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дзяржаўны спіс гісторыка-культурных каштоўнасцей Рэспублікі Беларусь / склад. В.Я. Абламскі, І.М. Чарняўскі, Ю.А. Барысюк. – Минск: БЕЛТА, 2009. — 684 с.
2. Кишик Ю.Н. Градостроительная культура Гродно. – Минск: Белорусская наука, 2007. – С. 130. – 303 с.
3. Кудряшов В.И. Гродно. – М.: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1960. – С. 45. – 127 с.
4. Калектыў аўтараў: А. Вашкевіч, А. Госцеў, В. Саяпін і інш. Біяграфія гарадзенскіх вуліц. Ад Фартоў да Каложы.. – Гродна-Вроцлаў: Вроцлаўская навуковая друкарня, 2012. – С. 223. – 370 с
5. Габрусь Т.В. Мураваныя харалы: Сакральная архітэктура беларускага барока. – Минск: Ураджай, 2001. – С. 99. – 287 с.
6. Трацевский В.В. История архитектуры народного жилища Белоруссии: Учеб. пособие для вузов – Мн.: Выш. шк., 1989. – 191 с. – 5700 экз.
7. Гродно. Энциклопедический справочник Белорус. Сов. Энцикл. / И.П. Шамякин (гл.ред.) и др. – Минск: БелСЭ, 1989. – 438 с.
8. Галерея фотографий 1930-х годов. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/#cite_note-22.

УДК 721.012

**КОСТЁЛ БЛАГОВЕЩЕНИЯ ПРЕСВЯТОЙ ДЕВЫ МАРИИ
И МОНАСТЫРЬ БРИГИТОК В ГРОДНО: ИНТЕРЬЕР, ЭКСТЕРЬЕР И АРХИТЕКТУРА****Д.А. КОЛТУНОВА, П.Т. МАУЛИКАЕВА***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Е.Г. Кремнева, Н.А. Железова)*

В данной статье рассматриваются особенности экстерьера, интерьера и архитектуры ансамбля костёла Благовещения Пресвятой Девы Марии и монастыря бригиток в Гродно.

Архитектурный памятник раннего барокко, костёл Благовещения Пресвятой Девы Марии и монастырь бригиток в Гродно, демонстрирует смешение стилей, включая готику и ренессанс. Строительство этого комплекса велось с 1634 по 1642 год по проекту итальянского архитектора Бенедетто Моли, финансируемого маршалком литовским К. Веселовским. Ансамбль имеет статус памятника архитектуры республиканского значения второй категории [1].

Экстерьер. Костёл представляет собой однефный двухбашенный храм с полуциркульной (полукруглой) апсидой, накрытый общей высокой черепичной крышей. Фасады разделены полуциркульными (полукруглыми) оконными проёмами и крапирован в простенках коринфскими пилястрами, объединёнными общим антаблементом. Особый интерес представляет стена главного фасада, решённая по барочному декоративно-пышно, как театральный занавес для композиции скромного храма (рисунок 1 [9]). Она шире, чем неф, поскольку органично включает боковые башенки, размещённые по углам сооружения [2].



Рисунок 1. – Главный фасад храма

На уровне карниза нефа главный фасад разделяет двухъярусный антаблемент, нижний фриз которого украшен растительным орнаментом в технике сграффито (ренессансный элемент), а верхний фриз в центре украшен сегментным фронтоном с динамичным скульптурным рельефом (барочный элемент). Фасад завершает щит с треугольным фронтоном, который боковыми витыми волютами объединяется с четырёхгранными ярусами боковых башен с портативными сигнатурками. Равная высота башен и фронтонов придаёт решению фасада архитектурную целостность и завершенность [3].

На основном западном фасаде можно выделить композиционные приёмы, выделяющие его среди других гродненских костёлов, в первую очередь Бернардинского и Иезуитского. Так, в отличие от упомянутых костёлов, треугольное размещение ниш получило в Бригитском костёле обратную постройку. Основа треугольника переместилась кверху, а вершина к низу. Таким образом вся композиция получила большую динамичность и остроту [4].

Декор фасадного фриз выполнен в технике сграффито. Использование фантастических аллегорий, гротеска, придание естественным формам искусственных деформаций свидетельствует о значительном влиянии маньеризма — известняковые порталы Бригитского костёла имеют элементы орнаментов в форме окантовки, фантастических грифонов и растений (рисунок 2, 3 [9]).

Примечательной чертой костёла является сграффитовый фриз: на всём фасаде тянется орнаментный пояс, созданный соскребанием верхней белой штукатурки, под которой находится почти чёрная (в извёстку добавляли древесный уголь) (рисунок 4 [14]). Сграффитовый фриз костёла был создан на заключительном этапе украшения костёла (1643—1645). С развитием барокко фриз заштукатурили. Только в 1980-е годы пояс костёла был полностью отреставрирован [5].



Рисунок 2. – Деталь портала главного входа



Рисунок 3. – Портал бокового входа



Рисунок 4. – Сграффитовый фриз храма

На боковых фасадах – полуциркульные (полукруглые) окна [4]. Центральный и боковой вход в костёл обрамлены порталами. Все эти элементы хорошо связаны между собой и составляют единое целое [5].

Интерьер. Внутреннее оформление Бригитского костёла простое и сдержанное, в отличие от других гродненских костёлов, при этом ему свойственна тонкая красота [8].

Постройка имеет прямоугольный план с алтарным завершением. Внутри неф перекрыт цилиндрическим сводом очень значительного пролёта с распалубками без подпружных арок. Единственная подпружная арка на сильно выступающих пилонах отделяет алтарную часть, перекрытую конховым сводом с четырьмя радиальными распалубками). Во входной части (согласно кроку капитальной стены монастыря) выделен нижний неконструктивный нартекс [2].

Главный алтарь костёла – деревянный, как и четыре боковых. Амвон изготовлен наподобие тех, что в виленской часовне Св. Казимира. Зала храма перекрыта цилиндрическим сводом, укреплённым подпружными арками и прорезанными над окнами распалубками. Полуциркулярная (полукруглая) апсида отделена от зала боковыми пилонами и переброшенной между ними аркой, имеет одинаковую с нефом высоту. Над входом – поднятая на два гранёные столба и тройную аркаду широкая галерея хоров, соединяется с консольным боковым балконом с витой лестницей. Архитектурная пластика интерьера, как и фасада храма, основана на краповке стен пилястрами стилизованного коринфского ордера. Таким образом, тут готико-ренессансный элемент подаётся в новой барочной трактовке [2].

В боковых нефах и под хорами размещены 14 барельефных сюжетно-скульптурных панно на тему Крёстного пути Христа. Интересной особенностью интерьера бригитского костёла является то, что в нём орган расположен не на хорах, а на балконе правой стороны стены (рисунок 5 [9]) [6].



Рисунок 5. – Интерьер монастыря

Внутренне убранство костёла состояло из гигантских скульптурных композиций и более чем 40 образов. В 1964 году в криптах костёла найдено большое количество икон и изображений, которые после реставрации в Эрмитаже украсили экспозицию Национального художественного музея Республики Беларусь в Минске. Эти изображения писали виленский художник И. Шретер, а также Гилярий Хаецкий, Франтишек Лякшинский, Яков из Тыкотина. Художник-доминиканец Гилярий Хаецкий, живший в XVII веке, известен своей работой «Святое семейство», на которой, как считается, нарисована семья Веселовских – фундаторов костёла. Теперь произведение хранится в гродненском музее истории религии. Также в костёле хранились реликвии Св. Климента – заступника города [7].

Архитектура. Архитектура монастырской постройки, находящейся за стеной, простая и лаконичная. Жилой корпус – двухэтажное, прямоугольное в плане здание с внутренним двориком, памятник архитектуры барокко, присоединён к северо-западной стене костёла (рисунок 6 [9]). Его небольшие сводчатые помещения традиционно объединены внутренними коридорами-галереями по периметру замкнутого прямоугольного двора (рисунок 7 [9]).



Рисунок 6. – Вид коридоров-галерей монастыря



Рисунок 7. – Внутренний дворик

Фасады ритмично разделяются маленькими прямоугольными оконными проёмами в простых планках, объединённых широким карнизом. На северном фасаде сохранился портал, украшенный художественной штукатуркой. По периметру строения со стороны двора проходит световой коридор с кельями. В юго-западном углу монастырского комплекса – отдельная пристройка, на первом этаже которой была трапезная, на втором – библиотека (рисунок 8 [9]) [8].



Рисунок 8. – Трапезная монастыря

ЛИТЕРАТУРА

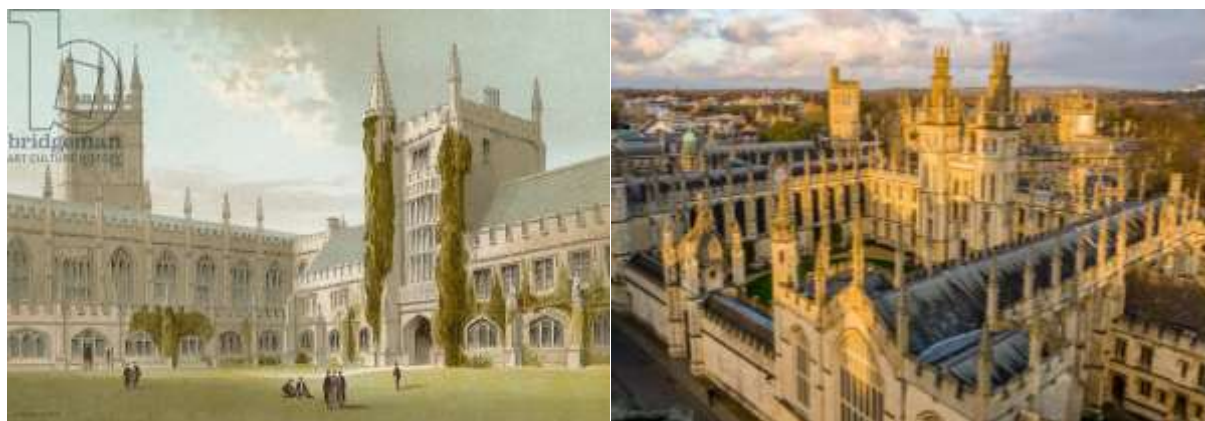
1. Дзяржаўны спіс гісторыка-культурных каштоўнасцей Рэспублікі Беларусь / склад. В.Я. Абрамскі, І.М. Чарняўскі, Ю.А. Барысюк. — Минск: БЕЛТА, 2009. — 684 с.
2. Мураваныя харалы: Сакральная архітэктура беларускага барока. — Минск: Ураджай, 2001. — С. 99. — 287 с.
3. Гродно. — М.: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1960. — С. 56. — 127 с.
4. Памяць. — Беларуская энцыклапедыя імя П. Броўкі, 1999. — Т. Гродна. — С. 97.
5. Гродно. Энциклопедический справочник Белорус. Сов. Энцикл. / И. П. Шамякин (гл.ред.) и др.. — Минск: БелСЭ, 1989. — 438 с.
6. Гродно. — М.: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1960. — С. 56.
7. Королевский город Гродно. — Рифтур, 2010. — С. 34.
8. Архітэктура Гродна – Электронны пэсурс – <http://grodno.apx-by.info/06.shtml>
9. Галерея фотографий 1930-х годов – Электронны пэсурс – https://ru.wikipedia.org/wiki/#cite_note-22

УДК 72.012, 72.012.6

ОБЛИК САДОВ ПРИ УЧРЕЖДЕНИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ. ПРИМЕРЫ РАЗВИТИЯ**С.А. ПОПРАВКО, Э.Э. к. РЗАЕВА***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Е.Г. Кремнева, В.И. Матвейчук)*

Старинные университеты Европы – это не просто учебные заведения, а настоящие сокровища архитектуры, где каждый уголок пропитан историей. Внутренние дворы и прилегающие территории этих университетов на протяжении веков были центрами академической и общественной жизни. Оксфорд, Болонья и Кембридж демонстрируют, как эти пространства, сохраняя свою уникальность, продолжают развиваться и отвечать на вызовы современности, оставаясь актуальными для новых поколений.

Оксфордский университет. Оксфорд, (рисунок 1 [2; 3]) основанный в конце XII века, изначально заимствовал архитектурные решения у монастырей [1]. Его колледжи строились вокруг замкнутых четырёхугольных дворов, которые объединяли учебные корпуса, часовни и жилые помещения. Например, Мертон-колледж, построенный в 1264 году, сохранил один из старейших дворов, где студенты и преподаватели жили, учились и молились в одном пространстве.



**Рисунок 1. – Старинный и современный вид Оксфордского университета.
Старинный вид – гравюра Томаса Нельсона, конец XIX в.**

В XVI в. появились более масштабные проекты, такие как Том-Квад в Крайст-Чёрч – огромный двор, предназначенный для торжественных церемоний. Позже, в XVIII в., университет расширился за пределы колледжей: Камера Рэдклиффа, которую также называют «Палата Рэдклиффа», построенная в 1749 г., стала новой доминантой, окружённой общедоступными площадями, а университетские парки превратились в зелёную зону для отдыха и спорта [1].

Оксфордские дворы, изначально задуманные как часть архитектурного ансамбля, сегодня выполняют разнообразные роли. Они служат учебными аудиториями, площадками для торжеств и местами для отдыха. Например, исторические дворы (рисунок 2 [4; 5]), предоставляют пространство для летних лекций, кинопоказов и комфортных зон отдыха, оборудованных мебелью, устойчивой к погодным условиям.



Рисунок 2. – Закрытые исторические дворы-квадраты Оксфорда

Сады колледжей (как в Мертон-колледже) дополнены экотропами с информационными стендами о местной флоре (рисунок 3 [6]).



Рисунок 3. – Один из садов внутреннего двора студгородка на территории университета Оксфорда

Болонский университет. Университет Болоньи, основанный в 1088 г. и считающийся старейшим в Европе, изначально не имел собственного комплекса зданий. Лекции и занятия проводились в различных местах, таких как церкви и арендованные помещения. Только в XVI в. было построено первое специализированное здание – дворец Архигимназии. В его внутреннем дворе проходили важные мероприятия, такие как дебаты и экзамены. Сегодня, в здании Архигимназии, построенном в XVI в. и служившем местом для научных дискуссий, располагаются публичная библиотека, музей и центр цифровых архивов. Реставраторы бережно сохранили уникальные фрески с гербами студентов, а также установили современное оборудование, включая бесшумные системы вентиляции, для комфорта посетителей [7]. Общественные площади Пьяцца Маджоре и Пьяцца Верди превращены в открытые аудитории – теперь здесь проводят научные фестивали, устанавливают мобильные павильоны для лекций, а под портиками размещены цифровые табло с расписанием мероприятий (рисунок 4 [8]).



Рисунок 4. – Использование одного из внутренних дворов Болонского университета для проведения мероприятия

Для обеспечения доступности исторических корпусов для всех групп населения вмонтированы скрытые лифты, а кирпичные мостовые заменены на гладкое покрытие, удобное для людей с ограниченной подвижностью, (рисунок 5 [9; 10]).



Рисунок 5. – Благоустройство одного из дворов Болонского университета

Кембриджский университет. Кембридж, как и Оксфорд, строился вокруг колледжей с их характерными закрытыми дворами. Одним из самых знаменитых является Большой двор Тринити-колледжа, основанный в XVI столетии. Это пространство имело многогранное назначение: здесь проводились как научные мероприятия, так и игры, а в наши дни оно служит площадкой для выпускных торжеств. Отличительной чертой Кембриджа является интеграция с природным окружением. Территория The Backs, расположенная за колледжами и выходящая к реке Кем, с XVIII в. используется для досуга, включая прогулки, активные занятия и пикники. Мосты, в том числе знаменитый Математический мост в Куинз-колледже, и живописные сады завершают этот уникальный архитектурно-ландшафтный комплекс (рисунок 6 [11; 12]).



Рисунок 6. – Благоустройство набережной Кембриджского университета у реки Кэм и Математический мост

При восстановлении знаменитого Математического моста в 1749 г. использованы компьютерные модели для точного воссоздания конструкций. Древесину пропитали экологичными составами против гниения, сохранив внешний вид XVIII в. [13]. На территории установлены «умные» датчики для контроля состояния почвы и воды. Луга Бэкс вдоль реки Кэм теперь сочетают рекреационную и учебную функции: студенты проводят биологические исследования, а горожане – пикники, (рисунок 7 [14]).

Можно отметить следующие тенденции к реконструкции территории учебных заведений или ее облагораживанию: использование местных экологичных материалов и мобильной мебели; применение универсального дизайна и создание безбарьерной среды. Хотя все три университета сохранили свои исторические дворы, их пути развития разошлись. Оксфорд и Кембридж выбрали модель обособленных колледжей с закрытыми территориями, в то время как Болонья вплела университет в городскую ткань, сделав площади неотъемлемой частью академической жизни. Несмотря на эти различия, все три университета успешно адаптируются к современным реалиям, сохраняя свою историческую преемственность. Их опыт доказывает, что старинные университеты способны стать центрами инноваций, не отрываясь от своих корней.



Рисунок 7 – Один из внутренних дворов Кембриджского университета

ЛИТЕРАТУРА

- [illegible]

УДК 72.012, 72.012.6

ЯБЛОНЕВЫЙ САД. ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ**С.А. ПОПРАВКО, Э.Э.к. РЗАЕВА***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Е.Г. Кремнева, В.И. Матвейчук)*

В данной статье рассматривается история формирования и современное восстановление яблоневого сада на территории Полоцкого иезуитского коллегиума, анализируется значение садово-парковой зоны как части культурного и архитектурного наследия, а также описывается современная концепция благоустройства.

Ключевые слова: Полоцкий иезуитский коллегиум, яблоневый сад, благоустройство, историческое наследие, садово-парковая зона, культурный ландшафт, Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой.

Полоцкий иезуитский коллегиум (рисунок 1), основанный в 1580 г., является одним из старейших образовательных центров Восточной Европы и представляет собой уникальный памятник архитектуры барокко [1].



Рисунок 1 – Фасад главного здания Полоцкого иезуитского коллегиума и Николаевского кафедрального собора со стороны главной площади города

В настоящее время здание иезуитского коллегиума используется как учебный корпус Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой, что подчёркивает преемственность образовательной миссии объекта. Территория сохранила архитектурную и пространственную целостность, включая прилегающий садово-парковый ансамбль, который остаётся значимым элементом культурного ландшафта города.

Садово-парковые зоны – важная часть историко-архитектурных комплексов и культурного наследия, обладающая эстетической, символической, образовательной и исторической ценностью. Их восстановление способствует сохранению исторической памяти и формированию гармоничной городской среды.

Цель исследования – создание многофункционального общественного пространства, сохраняющего культурно-историческую идентичность коллегиума и адаптированного к современным требованиям.

Основная задача – интеграция исторического наследия в современную городскую среду, обеспечивая комфорт, образовательную значимость и туристическую привлекательность.

Исторически территория коллегиума включала несколько функциональных зон, (рисунок 2). Центральное место занимала образовательная часть: учебные и жилые корпуса, где осуществлялась педагогическая, научная и духовная деятельность. Этот участок формировал ядро всего ансамбля – на рисунке 2 выделен чёрным цветом. В последние годы был реализован проект по восстановлению внутреннего двора Полоцкого иезуитского коллегиума, представленный на рисунке 3.

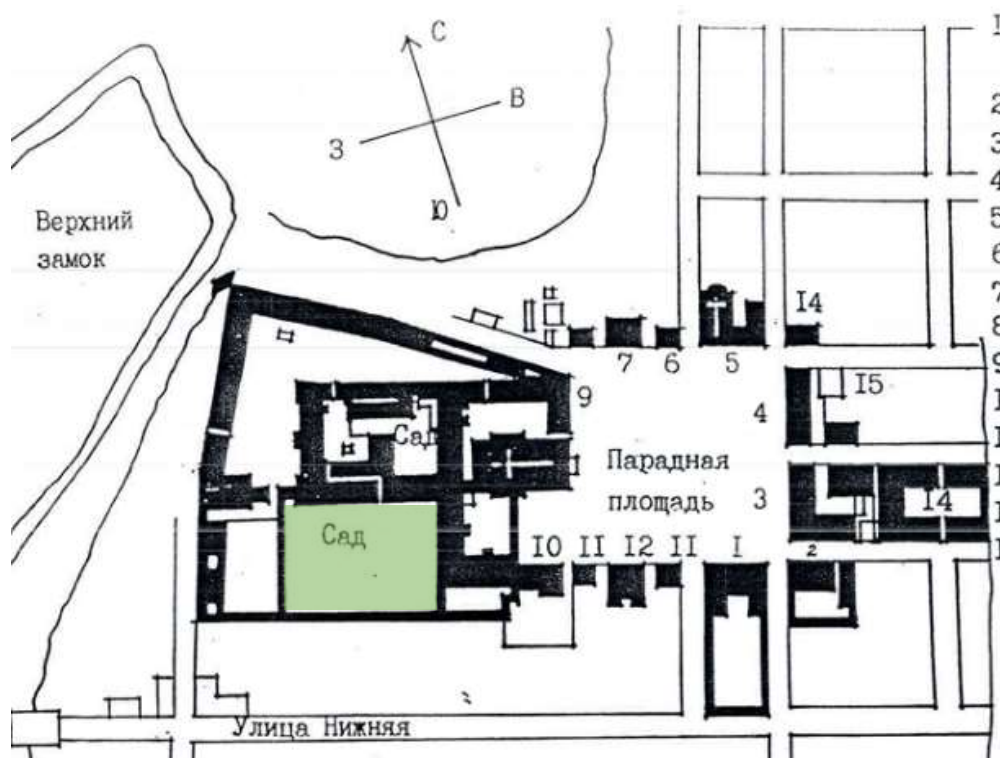


Рисунок 2 – План иезуитского коллегиума в начале XX века



Рисунок 3 – Восстановленный внутренний двор Полоцкого иезуитского коллегиума

В процессе реставрации воссоздан исторический колодец и добавлены часы с академическим шествием, что символически возвращает традиции университетской жизни. Садово-парковая зона, обозначенная на рисунке 2 зелёным цветом и примыкающая к учебным корпусам, служила продолжением образовательного пространства и выполняла духовную функцию, являясь местом уединения и размышлений.

Садовая территория отражала педагогические принципы иезуитов, для которых взаимодействие с природой являлось важной частью воспитательного процесса, [2].

Исторические источники свидетельствуют, что в пределах сада находился яблоневый сад – символ связи между природой, просвещением и духовностью. В рамках проекта ревитализации сада он был воссоздан и стал важным элементом современного ландшафта университета, сохраняя традиции иезуитских школ XVI–XVIII веков.

Согласно архивным данным (инвентари 1763 и 1780 годов), в саду произрастали липы и плодовые деревья, в том числе яблони, использовавшиеся для учебных и хозяйственных целей. Яблоня имела также символическое значение – как древо познания, отражающее миссию ордена.

После роспуска ордена иезуитов в 1773 году сад постепенно пришёл в упадок. К началу XXI века сохранились лишь отдельные старые деревья, выявленные при дендрологических исследованиях 2008 года.

В XX веке территория комплекса пострадала во время войн и оккупаций, что привело к разрушению первоначальной ландшафтной структуры. В советский период, когда коллегиум стал педагогическим институтом, сад был заброшен, а природные и антропогенные процессы ускорили его деградацию.

В 2025 году, объявленном в Республике Беларусь Годом благоустройства, началась разработка проекта по восстановлению сада на территории УЛК-5 Полоцкого иезуитского коллегиума (рисунок 4).

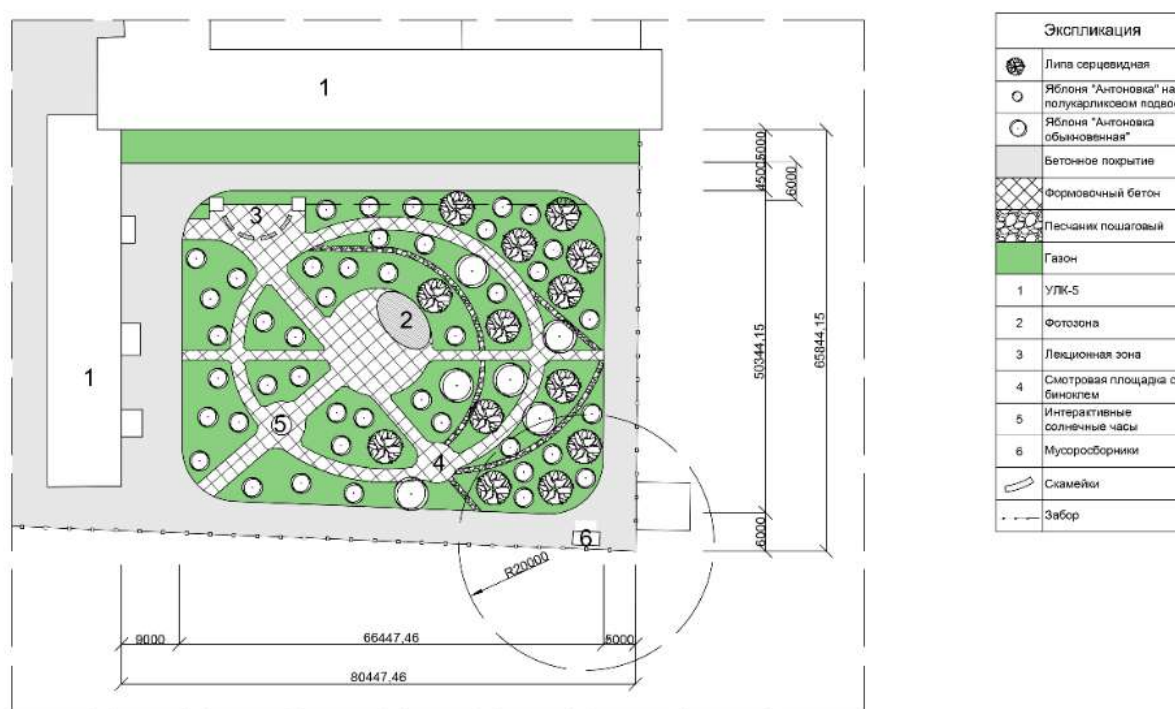


Рисунок 4 – Генеральный план благоустройства территории

Концепция проекта направлена на объединение исторического наследия с современными требованиями. В саду предусмотрены прогулочные дорожки, зоны отдыха, фотозона, а также площадки для лекций и культурных мероприятий. Пространство сочетает образовательную, рекреационную и культурную функции.

Особое внимание уделено созданию безбарьерной среды. Все дорожки и зоны отдыха спроектированы с учётом потребностей маломобильных групп населения: предусмотрены плавные уклоны, удобные покрытия и безопасные переходы.

Таким образом, сад становится не только памятником истории, но и современным инклюзивным пространством. Общая площадь сада составляет 0,512 га, из которых 0,267 га занимают зелёные насаждения, а 0,053 га – пешеходные дорожки (0,206 га с пожарным проездом). Территория разделена на три функциональные зоны: рекреационную, лекционную и фотозону. Покрытие выполнено из бетона и песчаника, а остальная часть засажена газоном. Восстановлены символы места: солнечные часы и интерактивный смотровой бинокль, с помощью которого можно визуально «восстановить» утраченный Свято-Николаевский собор, (рисунок 5 [3]).



Рисунок 5 – Свято-Николаевский собор и иезуитский коллегиум. Автор: Наполеон Орда, 1875-1876 гг.

В рамках проекта высажен новый яблоневый сад, включающий 13 лип сердцевидных, 43 яблони сорта Антоновка на полукарликовом подвое и 6 яблонь Антоновка обыкновенных. Это символизирует преемственность традиций и возвращает саду историческую значимость. На рисунке 6 представлены визуализации парковой территории.



Рисунок 6 – Визуализация проекта авторов статьи и студентов кафедры архитектуры и дизайна, группы 21-АРХ Макридиной Х.И. и Павлова А.М. садово-парковой территории (Начало)



Рисунок 6 – Визуализация проекта авторов статьи и студентов кафедры архитектуры и дизайна, группы 21-APX Макридиной Х.И. и Павлова А.М. садово-парковой территории (Окончание)

Утрата исторического сада происходила постепенно – в результате смены идеологий и хозяйственных приоритетов. Его современное возрождение демонстрирует, как научный подход и уважение к культурному наследию способны вернуть историческому ландшафту прежнее значение. Сегодня яблоневоый сад становится не только элементом благоустройства, но и символом диалога между прошлым и настоящим.

ЛИТЕРАТУРА

1. Википедия – Полоцкий иезуитский коллегиум [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%A1%D0%B2%D1%8F%D1%82%D0%BE> (Дата обращения: 15.10.2025);
2. Emerald insight – Jesuit education system: creators of credible leaders [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/xjm-07-2021-0202/full/html?utm_source=chatgpt.com (Дата обращения: 15.10.2025);
3. Википедия – Свято-Николаевский собор (Полоцк) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D1%8F%D1%82%D0%BE> (Дата обращения: 15.10.2025).

УДК 747.012

АДАПТИВНЫЙ ИНТЕРЬЕР, ЕГО ЭВОЛЮЦИЯ, ТИПЫ И КЛЮЧЕВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**К.М. РУБИНА***(Представлено: А.В. Фёдорова)*

Актуальность научного исследования заключается в необходимости оптимизации пространств вследствие роста динамичности жизни и запросом пользователей на устойчивые персонализированные интерьеры. Рассмотрена история появления адаптивности, типизация и ключевые характеристики. На основе проведенного исследования выявлена эволюционность понятия адаптивности и тенденция к повсеместному применению адаптивных решений.

Адаптивный интерьер – это концепция, которая предполагает создание многофункционального пространства с возможностью гибкого приспособления к меняющимся потребностям пользователей. Адаптивный интерьер может включать в себя мобильную мебель, раздвижные перегородки, умные технологии и экологически эффективные решения, что обеспечивает максимальный комфорт и удобство в повседневной жизни [1].

Потребность – это физическая или психологическая нужда человека в чем-либо, необходимая для комфортной жизни. Потребности человека меняются с разной периодичностью. Одни потребности меняются в течение одного дня, другие в течение месяцев и лет. Есть и такие, которые происходят неожиданно. Адаптивность интерьера помогает приспосабливаться к любым изменениям жизни, не прибегая к кардинальным изменениям окружающей среды [2].

Понятие адаптивный дизайн было введено Итаном Маркоттом в 2010 году. Оно применялось в первую очередь к веб-дизайну [3]. Со временем его концепция перешла и на другие сферы дизайна и непосредственно на дизайн интерьера. Но предпосылки к адаптивности интерьера появились задолго до появления интернета.

В древности в разных местах земного шара, вне зависимости друг от друга появлялись зачатки адаптивности интерьера. Для Древней Азии было характерно деление пространства с помощью раздвижных перегородок и татами. Так они могли разделять пространство временно, что позволяло использовать одно пространство для разных целей. Первые примеры трансформируемой мебели появились в Древнем Египте. Особенной популярностью пользовался складной стул-трансформер. Его использовали и фараоны, и простые люди [4].

В средневековье была распространена кровать с балдахином, которая служила не только местом для сна, но и безопасным местом, защищенным от холода. В военных походах полководцы могли использовать раскладные кровати, которые выглядели как ткань, натянутая на жерди. Ее нужно было каждый раз собирать и разбирать для транспортировки, что было не очень удобно.

В эпоху Барокко в XVII в. гостей в доме могли встречать в одном помещении со спальным местом. Поэтому у кроватей с балдахинами появилась еще одна функция – зонирование пространства.

С XVIII в., во времена военных походов и разъездов правителей по территориям, появилась необходимость в складной и легкой мебели. Тогда французский мастер Мари-Жан Десуш разработал новую раскладную кровать, которая сильно превосходила свою предшественницу. Новая кровать-раскладушка уже была цельным механизмом, который соединялся петлями. Такой кроватью активно пользовался Наполеон. А позднее он подарил такую кровать Александру I [5].

В XIX в. началась активная урбанизация. У населения появилась потребность в обустройстве больших квартир так, чтобы они были максимально комфортными и функциональными. В связи с такими потребностями пользователей дизайнеры стали разрабатывать трансформируемую мебель, которая могла выполнять несколько функций, не загромождая и так маленькую площадь квартир. Так появились диваны-кровати, которые и в наше время встречаются почти в каждой квартире, раскладывающиеся столы, шкафы-кровати.

В начале 90-х годов XXI в. появилась еще одна инновационная вещь – первые программы Умного дома. Эта технология стала важным этапом на пути развития адаптивного интерьера. Благодаря развитию таких программ, мы не только можем сильно упростить себе жизнь, но и помогаем экологии. Программы умного дома сохраняют энергию, предотвращают чрезвычайные ситуации и помогают человеку чувствовать себя комфортно не прилагая усилий [6].

Таким образом можно заметить, что в истории развития концепции адаптивности сочетаются развития разных стилей и технологий, которые на протяжении истории человечества вносили в нее свой независимый вклад. И так как под этим понятием скрывается такая многовековая история, то адаптивность можно называть эволюционной концепцией.

Типы адаптивности интерьера. Можно выделить четыре типа адаптивности: пространственная, функциональная, технологическая и экологическая адаптивности. В дизайне интерьеров они чаще всего применяются в совокупности.

Пространственная адаптивность – это наделения пространства способностью изменяться. Она касается конструктивных и архитектурных систем. Можно изменять только глобальные габариты пространств и размеры функциональных зон. К пространственной адаптивности относится применение мобильных перегородок, которые разделяют пространство и меняют его функции.

Функциональная адаптивность – это способность внутреннего наполнения пространств изменяться в связи с потребностями пользователей. Самым распространенным примером функциональной адаптивности в наше время является диван-кровать, который днем используется для приема гостей, а ночью трансформируется в спальное место.

Технологическая адаптивность – это применение в интерьере умных систем, которые способны менять пространство. Она не меняет планировку и функции мебели, а настраивает среду под индивидуальные предпочтения пользователя. Технологическая адаптивность позволяет пользователю персонализировать пространство, что является важным для психологического и физического комфорта человека. Умные системы настраиваются на различные сценарии жизни человека и создают оптимальную освещенность и температуру.

Экологическая адаптивность – это способность интерьера снизить влияние деятельности человека на окружающую среду путем использования в интерьере материалов из перерабатываемых и возобновляемых ресурсов. Для улучшения экологии в интерьерах используются датчики, внедряются растения, применяют солнечные панели для энергосбережения.

Основные характеристики адаптивного интерьера:

Гибкость – способность интерьера адаптироваться к разным обстоятельствам.

Гибкость включает в себя возможность применения пространства для разных функций за счет мобильности мебели. Многофункциональностью пространства является его способность к трансформации и зонированию, а мобильность мебели – это ее способность легко перемещаться. Таким образом гибкость позволяет трансформировать пространство, не применяя усилий и не прибегая к реновации.

Технологичность – использование в интерьере различных развивающихся технологий.

Технологичность помогает настраивать среду индивидуально под каждого пользователя и упрощать управление пространством. Довольно популярным в наше время является система IoT (Интернет вещей – это концепция передачи данных по сети между датчиками и приборами). Благодаря технологичности можно экономить электроэнергию и время, а также не переживать за включенные электроприборы, потому что их можно будет удаленно регулировать в приложении [7].

Эргономичность – свойство пространства и мебели учитывать индивидуальные антропометрические особенности человека.

Эргономика – это основа любого функционального интерьера, так как физический и психологический комфорт человека напрямую зависит от окружающей его среды. Эргономичная мебель должна быть регулируемой, чтобы подстраиваться под любого пользователя. Освещение и акустика в помещении тоже должны подчиняться правилам эргономики, так как напрямую влияют на психику человека.

Организованность пространства – продуманная структура пространства.

Для того чтобы пространство выглядело гармоничным и интуитивно понятным пользователю важно учитывать три фактора: функциональность, рациональность и упорядоченность. Для любого пространства важно рациональное разделение на функциональные зоны, которые будут упорядочены и тем самым не будут приводить пользователя в ступор. При разработке организованного пространства дизайнер закладывает в него продуманные маршруты перемещения, поэтому для человека будет интуитивно понятно куда ему двигаться даже в незнакомом для него помещении.

Долговечность – это способность материалов в интерьере как можно дольше сохранять визуальную и функциональную составляющие.

Для придания интерьеру долговечности используются качественные и экологичные материалы. И так как стоимость у них много выше, то это развивает в человеке осознанность по отношению того, что его будет окружать в течение долгих лет. Помимо осознанности такой подход уменьшает количество отходов, а значит является экологичным, здесь человек не только отдает предпочтение качеству, но и заботится об окружающей среде.

Вывод. Таким образом, адаптивность интерьеров является откликом на меняющиеся потребности пользователей. В ходе исследования истории адаптивности было выявлено, что она является эволюционной концепцией и планомерно развивалась на протяжении всей истории человечества. Выявление типов и характеристик адаптивности показало, что адаптивные пространства не только помогают пользователю создавать персонализированное и комфортное пространство, но и улучшает экологическое состояние нашей планеты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Модульность и адаптивность в дизайне интерьера [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://hsedesign.ru/project/4ef4dd6fcdf4491f9daf128d1a25186c#> – Дата доступа 30.09.2025.
2. Потребность [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%B1%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C> – Дата доступа 30.09.2025.
3. Адаптивный дизайн: история, принципы, исследования [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://medmarketing.ua/blog/adaptivnyy-dizayn-istoriya-printsipy-issledovaniya/> – Дата доступа 30.09.2025.
4. История складного стула [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://camping.ru/blog/istoriya-brenda/istoriya-skladnogo-stula/> – Дата доступа 30.09.2025.
5. Как выглядели походные кровати русских императоров и Наполеона, с которыми они не расставались [Электронный ресурс]. – 2025. – Режим доступа: <https://kulturologia.ru/blogs/280925/65643/> – Дата доступа 30.09.2025.
6. История Умного дома [Электронный ресурс]. – 2025. – Режим доступа: <https://www.art-in.ru/istoriya-umnogo-doma/> – Дата доступа 30.09.2025.
7. Интернет вещей [Электронный ресурс]. – 2025. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D0%B9> – Дата доступа 30.09.2025.

УДК 747.012

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ АДАПТИВНЫХ ИНТЕРЬЕРОВ

К.М. РУБИНА

(Представлено: А.В. Фёдорова)

В научной статье были выделены основные направления и тренды, формирующие спрос на адаптивные решения интерьеров. Рассмотрены и проанализированы примеры применения концепции адаптивности в современной проектной практике. На основе проведенного исследования было выявлено, что адаптивность может применяться к любому типу пространств и является популярным и универсальным решением для дизайна интерьера.

Адаптивность интерьеров с каждым годом набирает все большую популярность во всем мире. Она активно применяется в современной практике, благодаря своей гибкости. В основном спрос на адаптивные интерьеры формируется в связи с тремя основными трендами: социальным, технологическим и экологическим.

Социальный тренд включает в себя урбанизацию, возможность удаленной работы и стремление к персонализации. Урбанизация – это процесс увеличения численности населения городов и в следствие этого увеличение и развитие городской системы. Она приводит к тому, что спрос на жилье всегда выше, чем имеющиеся предложения. И зачастую жилье имеет не достаточную площадь для жильцов, поэтому одно помещение становится многофункциональным. Адаптивность интерьера в таком случае дает возможность рационально разделить пространство или использовать трансформирующуюся мебель. Это позволяет создать удобное пространство для всех жильцов, не прибегая к глобальным изменениям.

Технологический тренд – это цифровизация и индивидуализация пространства. Под цифровизацией подразумевается внедрение технологий в жизнь человека. Технологией являются умные системы IoT (Интернет вещей), различные датчики и системы управления, которые упрощают жизнь человека.

К экологическому тренду относятся осознанное потребление, устойчивое развитие, сохранение ресурсов и биофильный дизайн.

Устойчивое развитие – это развитие и обеспечение потребностей общества с сохранением окружающей среды и ресурсов [1]. Использование в интерьерах экологически чистых, энергоэффективных и долговечных материалов уменьшает количество отходов при обновлении интерьера, следовательно, уменьшает экологический след.

Биофильный дизайн – это интеграция в пространство природных элементов для поддержания в человеке любви к природе [2]. Для биофильного дизайна характерно использование в интерьере живых растений, натуральных материалов и органических форм. Такой подход снижает стресс и разгружает нервную систему человека, а также оживляет любое пространство.

Все эти направления делают адаптивность набирающей популярность универсальной концепцией, применяемой к любому типу и назначению интерьеров [3].

Рассмотрим различные типы интерьеров, в которых применяется концепция адаптивности интерьера.

В жилых пространствах особенно востребована адаптивность, так как не всегда есть возможность жить в пространстве достаточных размеров для семьи. В квартирах-студиях и небольших жилых помещениях используются трансформируемая мебель, раздвижные перегородки и умные технологии, которые позволяют эффективно использовать каждый квадратный метр. Важен и экологический аспект, который может принести адаптивный интерьер в городскую среду.

Рассмотрим довольно интересный и необычный пример жилого пространства – проект «pull and push» или «тяги и толкай» от Хивон Ким (США), где название прямо отражает идею проекта. Пространство имеет две стационарные части – это кухня и санузел. А остальные части представляют собой подвижные стеновые блоки, монтируемые на направляющих рельсах. Блоки доступны с обеих сторон и всю модульную мебель можно поместить внутри них. Поэтому при передвижении стен не остается лишней мебели, которую некуда поставить. Кроме этого, каждый стеновой блок благодаря модульным элементам имеет несколько возможных конфигураций, что позволяет создавать комбинации, исходящие из потребностей пользователя. Таким образом человек может трансформировать пространство под свои нужды меняя расположения перегородок и мебельных модулей внутри каждого блока [4].

В проекте Doméstico Андраде и Васконеса дизайнеры разработали решение для квартиры площадью всего 27,5 кв. метров. Проект предназначен для активной девушки, у которой должно быть максимально функциональное пространство, при этом не перегружая небольшую площадь квартиры. Так как площадь маленькая и должна вместить в себя все необходимые для жизни функциональные зоны, дизайнерами было принято решение разработать шкаф, который объединит в себе все необходимые функции. Он включает в себя кухню, обеденную и рабочую зону, спальное место, а также позволяет использовать все функциональные зоны одновременно.

Шкаф разработан так, чтобы максимально задействовать вертикальные плоскости стен, особенно при входе в квартиру. За счет этого остается просторное пространство возле панорамного окна. Модули в середине и внизу шкафа продуманы для ежедневного использования, а верхние модули и шкафчики предназначены для сезонных вещей, и чтобы до них добраться дизайнерами была предусмотрена лестница на рейле. В части шкафа в коридоре можно увидеть скрытую дверь, за которой оборудована полноценная кухня. Обеденно-рабочий стол также является элементом шкафа. Он легко раскладывается и создает довольно большое пространство для работы. Над столом есть большая ручка, потянув за которую часть шкафа трансформируется в большую кровать. В ночное время кровать занимает довольно большую площадь, а такая трансформация позволяет освободить это пространство в дневное время.

В квартире есть и стационарная мебель – это небольшой диван, два стула и небольшой столик. Стационарная мебель определяет зону гостиной. Таким образом на довольно маленькой площади расположены все необходимые функциональные зоны, при этом не загромождая пространство [5].

Современные **офисные пространства** проектируются с учетом трансформации пространства для различных функций. Мобильные рабочие места и перегородки позволяют адаптировать интерьер для многоцелевых типов работы.

Главной особенностью этого офиса Юко Шибата (Япония) является то, что это пространство в первую очередь является жилой квартирой. Хозяин квартиры хотел перепланировать ее в отдельные офисную и жилую части. Но в этом здании практически все стены являются несущими каркасами, что не позволяет кардинально менять планировку. Согласно проекту, пространство условно делится на функции по временным промежуткам: с 10 часов вечера по 9 часов утра – это жилая квартира, а с 9 утра до 10 часов вечера – это офис. При этом только 2 комнаты выполняют сразу обе функции. Для того чтобы две жилые комнаты могли трансформироваться в офисное пространство, дизайнерами было разработано две подвижных перегородки.

Первая комната ранее являлась только спальней. Прилегающее к ней большое помещение стало рабочей комнатой. И для того, чтобы расширить рабочую зону офиса и закрыть при этом спальную зону в помещении установлена перегородка с книжными полками. В ночное время она закрывается и книжные полки входят в проем в стене. В рабочее время перегородка открывается, закрывая собой спальную зону и превращает комнату со спальней в библиотеку. Между комнатами появляется большой проем, который и является дверью из рабочей зоны в библиотеку.

Вторая комната ранее была столовой. Для нее была разработана перегородка, которая перемещается с помощью направляющей. В дневное время перегородка отъезжает от стены и за ней появляется книжный шкаф во всю стену. Обеденный стол разделяется на две части: одна находится в зоне библиотеки, а вторая часть является столом для встреч и переговоров. Таким образом комната является в одно время столовой, а в другое – библиотекой и переговорной зоной. Этот проект показывает, что адаптивными могут быть даже интерьеры с четкой планировкой и что одно жилое пространство может выполнять сразу несколько функций [6].

Для таких **общественных пространств** как музеи, выставочные залы и конференц-центры адаптивность является самым подходящим решением, так как меняющиеся экспозиции и мероприятия требуют зонирования и новых визуальных решений. В общественных пространствах используются гибкие конструкции, мультимедийные системы и регулируемое освещение.

Республиканская художественная галерея Белорусского союза художников в Минске является отличным примером адаптивного общественного пространства. Галерея имеет два больших этажа и еще одно помещение, используемое под выставки. Для зонирования на выставках используются стенды на колесах, с помощью которых пространство зонировается для различных тематик в рамках одной выставки.

Для каждой экспозиции во Дворце Искусства выставочные стенды выставляются по-разному, каждый раз создавая новые лабиринты, по которым интересно ходить даже тем, кто посещает все выставки. Кроме этого, довольно просторная площадь помещений и мобильность стендов позволяет проводить мастер-классы и различные другие мероприятия [7].

Для **образовательных учреждений** также используется адаптивность. В школах и университетах применяются трансформируемые аудитории и классы, которые применимы для различных видов обучения: лекций, практических занятий или групповых обсуждений.

Главной идеей интерьера школы Camondo Méditerranée в Тулоне, Франция стало создание пространства с экологической педагогикой, то есть создать условия для комфортного обучения, с помощью повторно используемых материалов. Школа представляет собой большое помещение с мебелью, которая не только соответствует экологическим идеям, но и полностью транспортируема и совместима друг с другом. Таким образом школа позволяет использовать различные сценарии, создавая много возможностей для обучения [8].

Для **коммерческих помещений** адаптивность является решением, позволяющим доступно обновлять интерьер под меняющиеся потребности клиентов, таких как сезонные изменения или специальные мероприятия.

Идея проекта Прогулочный навес (3ra Café Bistro) в Иране – реконструкция кафе-бистро и создание активных отношений между внутренним и внешним пространством. Станция бариста, расположенная на

рельсах способна выезжать из внутреннего пространства во внешнее, тем самым интегрируя уличное пространство во внутреннюю среду кафе. Таким образом кафе адаптируется под сезонные изменения и предоставляет возможность для проведения специальных мероприятий [9].

Вывод. Таким образом, основные современные направления и тренды в области адаптивности можно заметить на примерах из современной практики проектирования интерьеров. Адаптивность является универсальным решением для всех типов зданий и позволяет экономить время и средства на реконструкцию пространств. Основные принципы мобильности и трансформируемости позволяют создавать гибкое и комфортное пространство для различных нужд пользователя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Устойчивое развитие: что это такое и в чем его значимость [Электронный ресурс]. – 2025. – Режим доступа: <https://www.forbes.ru/obshchestvo/425081-ustoychivoe-razvitiye-cto-eto-takoe-i-v-chem-ego-znachimost> –Дата доступа 30.09.2025.
2. Биофильный дизайн. Что это такое и в чем его особенности? [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://artten.by/blog/tpost/n4r0nexus1-biofilnii-dizain-cto-eto-takoe-i-v-chem> –Дата доступа 30.09.2025.
3. Тренды дизайна интерьера 2025–2026: ключевые направления [Электронный ресурс]. – 2025. – Режим доступа: <https://www.inmyroom.ru/posts/42064-trendy-dizajna-interera-2025-2026-klyuchevye-napravleniya> – Дата доступа 07.10.2025.
4. «Тяни и толкай» от Хивон Ким из США [Электронный ресурс]. – 2006. – Режим доступа: <https://www.designboom.com/project/pull-and-push/> – Дата доступа 07.10.2025.
5. Как из студии в 27 «квадратов» сделать полноценную квартиру [Электронный ресурс]. – 2022. –Режим доступа: <https://novate.ru/blogs/020622/63158/> –Дата доступа 07.10.2025.
6. Switch / Офис Юко Шибата [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <https://www.archdaily.com/83661/switch-yuko-shibata> –Дата доступа 07.10.2025.
7. Дворец Искусства [Электронный ресурс]. – 2025. – Режим доступа: <https://artpalace.by/> –Дата доступа 07.10.2025.
8. Интерьер школы Camondo Méditerranée / Студия Эмилье [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://www.archdaily.com/965516/camondo-mediterranee-school-interior-emilieu-studio> –Дата доступа 07.10.2025.
9. Прогулочный навес (кафе-бистро 3ra) / Paad Architects [Электронный ресурс]. – 2025. – Режим доступа: https://www.archdaily.com/1026524/walking-canopy-3ra-cafe-bistro-paad-architects?ad_source=search&ad_medium=projects_tab –Дата доступа 07.10.2025.

УДК 332.1:659.126

**ФОРМИРОВАНИЕ АЙДЕНТИКИ ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА:
НА ПРИМЕРЕ НОВОПОЛОЦКА****Е.Л. СЕНЬКО***(Представлено: А.В. Фёдорова)*

В статье анализируется идентика промышленного города Новополоцка как часть существующего имиджа. Исследуются исторические предпосылки, визуальные коды и восприятие различной целевой аудитории. Выявлены ключевые проблемы городских коммуникаций (навигация, информирование). В результате предложены пути формирования целостного бренда, синтезирующего промышленность, природу и динамику социального развития города в будущем.

В современной урбанистике особую актуальность приобретает вопрос формирования идентичности промышленных городов, часто сталкивающихся со стереотипным восприятием и необходимостью диверсификации имиджа [1]. Новополоцк, будучи крупным нефтехимическим центром Беларуси, представляет собой репрезентативный пример для изучения процессов трансформации идентичности моногорода. Целью данного исследования является комплексный анализ текущего состояния и потенциала идентичности Новополоцка, включая исторические предпосылки, визуальные коды, символическое наследие и восприятие целевых аудиторий [2].

Заложенный в 1958 году как спутник древнего Полоцка, Новополоцк является продуктом масштабной советской индустриализации. Его возникновение и развитие неразрывно связаны со строительством нефтеперерабатывающего завода, что определило ключевые черты городской идентичности [3]:

- «Молодость»: город строился преимущественно силами молодежи (комсомольская стройка), что закреплено в топонимике (ул. Молодежная) и мемориалах («Первая палатка»).

- Индустриальный драйвер: экономика и социальная инфраструктура изначально формировались вокруг нефтехимического комплекса.

- Научно-образовательный вектор: наличие государственных колледжей и университета создает мощный образовательный и инновационный кластер.

Этот исторический бэкграунд формирует прочный фундамент для бренда «города-труженика» и «молодежной столицы», требующий, однако, актуализации в современных условиях.

Визуальный язык Новополоцка формируется на основе синтеза контрастных элементов, составляющих основу его уникальной идентичности. Ключевым принципом является дуальность «промышленность–природа», где индустриальные мотивы (техногенные силуэты, «нефтяная» цветовая гамма) сочетаются с природными элементами (плавные линии реки Западной Двины, «зеленая» палитра парков). Это создает образ территории «зеленой промышленности», где производственная функция согласуется с экологическим балансом [2].

Значительное присутствие студенческого сообщества обуславливает ориентацию на современные цифровые форматы. Визуальная коммуникация интегрирует интерактивные решения, включая AR-активации и социально-ориентированный мерч, что трансформирует молодежь из пассивных наблюдателей в активных участников формирования городской среды.

Экологическая ответственность реализуется не только на уровне визуальных паттернов, но и через интеграцию принципов устойчивого развития в архитектуру промзон и корпоративную культуру [4]. Таким образом, формируется комплексный образ, синтезирующий промышленный потенциал, природный каркас, молодежную динамику и экологическую ориентированность.

Герб Новополоцка, утвержденный в 2002 году, является важным элементом символического кода города [2]. Он удачно соединяет несколько смысловых пластов: историко-географический, символический, мифологический, общечеловеческий. Цветовая гамма (голубой, серебряный, золотой) связывает Новополоцк с геральдической традицией Витебска и Полоцка, подчеркивая историко-культурные связи региона.

Проведенное исследование позволило сегментировать целевую аудиторию городской идентичности и выявить ее ключевые запросы:

1. Местные жители (25+): ждут подтверждения гордости за город, отражения профессиональной (нефтехимической) идентичности и комфортной среды.

2. Молодежь (16-25 лет): ориентированы на динамичные, интерактивные и виральные решения, возможности для самовыражения и вовлечения.

3. Туристы (30-60 лет): привлекаются контрастным образом «зеленого промышленного города», ценят аутентичную сувенирную продукцию и инфоповоды для соцсетей.

Идеальный потребитель идентичности — это житель или гость, который узнает в дизайне знакомые символы, получает инструменты для самовыражения и становится добровольным амбассадором города, создавая свой пользовательский контент.

Данные проведенного опроса среди 200 респондентов выявили критические разрывы в системе городских коммуникаций [5]:

– Низкое качество навигации: 68% респондентов оценили уличную навигацию как «неудовлетворительную» или «плохую» (малозаметность, отсутствие единого стиля).

– Неэффективное информирование: 73% опрошенных пропускали интересные события из-за позднего оповещения. Основным каналом информации являются соцсети (61%), тогда как уличные афиши и официальные сайты практически не работают.

– Дезориентация на мероприятиях: 52% испытывают трудности с поиском локаций из-за отсутствия карт и плохой маркировки зон.

Эти данные указывают на острую необходимость в разработке целостной, удобной и технологичной системы визуальных коммуникаций. Результаты социологического исследования, демонстрируют наличие системных дисфункций в коммуникационной инфраструктуре города. Критическое состояние уличной навигации подтверждается тем, что 68% опрошенных оценили ее качество как неудовлетворительное или плохое, указав на малозаметность элементов навигации и отсутствие единого стилизованного решения.

Проблемы информационного сопровождения городских мероприятий проявляются в том, что 73% респондентов регулярно пропускают значимые события из-за несвоевременного информирования. Сложившаяся медиа-экосистема характеризуется доминированием социальных сетей (61%) при практическом отсутствии эффективного функционирования таких каналов, как уличные афиши и официальные веб-ресурсы. Ситуацию усугубляет дезориентация горожан во время проведения мероприятий: 52% респондентов испытывают затруднения с поиском необходимых локаций из-за отсутствия навигационных карт и нечеткой маркировки функциональных зон.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о необходимости разработки комплексной системы визуальных коммуникаций, основанной на принципах гармонии, удобства восприятия и технологической современности. Целостное формирование идентичности современного промышленного города позволит стать его городской среде более доступной в использовании, а также привлечь новых туристов и жителей, что поддержит экономическое состояние и развитие в будущем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Особенности формирования городской идентичности жителей Нижнего Новгорода [Электронный ресурс] / Научная статья. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-formirovaniya-gorodskoy-identichnosti-zhiteley-nizhnego-novgoroda>. – Дата доступа: 07.10.2025.
2. Символика города Новополоцка [Электронный ресурс] / Официальный сайт Новополоцкого городского исполнительного комитета. – Режим доступа: <https://www.novopolotsk.gov.by/ru/nash-gorod/simvolika>. – Дата доступа: 07.10.2025.
3. Архивные материалы и публикации по истории городов Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Научно-популярный блог Национального архива Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://archives.gov.by/blog/news/1040867>. – Дата доступа: 07.10.2025.
4. Методические материалы по экологии и устойчивому развитию (учебно-методический файл) [Электронный ресурс] / Электронная библиотека ННГАСУ. – Режим доступа: <https://bibl.nngasu.ru/electronicresources/uch-metod/ecology/877410.pdf>. – Дата доступа: 07.10.2025.

УДК 332.1:659.126

**АЙДЕНТИКА СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА КАК ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ
КОНКУРЕНТНОГО ПРЕИМУЩЕСТВА****Е.Л. СЕНЬКО, А.Н. КОЗЫРЕНКО***(Представлено: А.В. Фёдорова)*

В статье рассматривается айдентика города как стратегического инструмента в условиях глобальной конкуренции, а также ее ключевые структурные элементы. Представлен анализ успешных международных примеров формирования городской айдентики. На основе исследования сформулированы выводы о практическом применении айдентики в формировании конкурентного преимущества современного города.

Современный этап урбанизации характеризуется обострением конкуренции между городами за привлечение туристических потоков, инвестиций, человеческого капитала и международного внимания [1]. В этом контексте айдентика города перестает быть исключительно задачей дизайнеров, становясь стратегическим инструментом управления имиджем и социальной политикой. Под городской айдентикой понимается комплекс визуальных, смысловых и эмоциональных элементов, формирующих уникальный, узнаваемый образ [2]. Это целостная система, отражающая дух места, его историю, культуру, ценности и стремления. Целью статьи является анализ структуры и ключевых компонентов айдентики современного города, а также выявление на основе успешных международных примеров факторов, определяющих ее эффективность.

Айдентика современного города представляет собой сложную систему, выходящую далеко за рамки логотипа или слогана. Ее структура включает взаимосвязанный набор элементов, которые формируют целостный образ города [2]. Каждый элемент этой системы выполняет свою функцию и приносит конкретную пользу. Логотип и символы выступают в роли смысловых якорей бренда. Это могут быть архитектурные доминанты, такие как Эйфелева башня в Париже или музей Гугенхайма в Бильбао, а также графические знаки и слоганы, отражающие дух места – например, «Keep Austin Weird». Они помогают городу выделиться среди других, усиливают его узнаваемость и становятся точками притяжения для туристов и жителей.

Цветовая палитра также влияет на эмоциональное восприятие и передает характер города. Тёплые, яркие оттенки могут говорить о креативности и открытости, тогда как холодные и индустриальные – о строгости и технологичности. Цвет объединяет все визуальные элементы, создавая единый стиль и усиливая эмоциональное восприятие. Типографика отражает исторический и культурный контекст, формирует визуальный язык, понятный аудитории. Геометричные, техногенные шрифты подчеркивают современность, а рукописные – создают ощущение уюта и традиции.

Коммуникационные сообщения – слоганы, хэштеги, нарративы – формируют языковую составляющую бренда. Они транслируют ценности города, вовлекают аудиторию в диалог, становятся частью городской идентичности в медиапространстве. Графические паттерны – визуальные текстуры, орнаменты, схемы, которые создают ритм и узнаваемость, могут быть вдохновлены индустриальной эстетикой, народным искусством или урбанистическими структурами, объединяя визуальные элементы в единую систему. Носителями айдентики выступают архитектура, дизайн общественных пространств, транспорт, мерч, сувениры, цифровые платформы. Через них айдентика становится частью повседневной жизни, формируя устойчивый визуальный и смысловой образ города. Успешная система айдентики балансирует между глобальными трендами и локальной аутентичностью. Она является визуально привлекательной и наполненной смыслом, способна транслировать уникальность города, его культурное наследие и ценности, оставаясь актуальной и понятной в глобальном контексте [3].

Анализ успешных примеров формирования городской айдентики представляет собой важный инструмент для понимания механизмов, стратегий и последствий внедрения брендинга в городскую среду. Он позволяет выявить ключевые факторы, способствующие трансформации образа города, оценить эффективность различных подходов. Так город Бильбао (Испания) представляет прекрасный пример как индустриальный город стал символом культурного возрождения. История трансформации Бильбао из промышленного центра в культурную столицу – это пример гениального городского ребрендинга. Столкнувшись с упадком промышленности, город сделал ставку на культуру и современную архитектуру. Открытие музея Гугенхайма (арх. Фрэнк Гери) в 1997 году стало не только появлением нового культурного института, но и созданием мощного визуального символа, перевернувшего восприятие города. Футуристическое здание из титана стало архитектурной иконой, вокруг которой была выстроена комплексная стратегия развития: модернизация инфраструктуры, благоустройство набережных, развитие событийной культуры. Результатом стал рост турпотока с 100 тысяч до более чем 1 миллиона человек в год и кардинальное изменение экономического ландшафта [4].

Город Остин (США) совершил трансформацию из университетского городка в мировую столицу креативных индустрий благодаря органичному сочетанию двух элементов: слогана «Keep Austin Weird»

и фестиваля SXSW (South by Southwest). Слоган, подхваченный жителями, стал философским манифестом, отражающим ценность индивидуальности и творческой свободы. Фестиваль SXSW эволюционировал в глобальную платформу для инноваций в музыке, кино и технологиях, создав уникальную креативную экосистему [5]. Этот симбиоз официального брендинга и народного творчества обеспечил городу статус магнита для талантов и бизнеса.

Столица Грузии продемонстрировала, как можно перезапустить городской бренд, опираясь на локальные культурные коды – уличное искусство и гастрономию. Власти легализовали и поддержали стрит-арт, который превратил дворы и фасады в открытую галерею. Параллельно гастрономические фестивали и акцент на аутентичные форматы сделали Тбилиси привлекательным направлением для гурманов и творческих путешественников [6]. Ключевую роль сыграло умение превратить локальные особенности в конкурентное преимущество без копирования международных трендов.

Парк «Зарядье» стал ключевым элементом в обновлении айдентики Москвы, превратив центр города из бетонного административного пространства в современную зеленую зону с видом на Кремль. На месте бывшей гостиницы «Россия» появился инновационный культурный хаб, сочетающий природу, историю и технологии. Архитектура парка, разработанная бюро Diller Scofidio + Renfro, создала визуальный диалог между эпохами, а такие объекты, как «Парящий мост» и «Стеклянная кора», стали символами новой Москвы. Парк стал важной точкой туристических маршрутов и инструментом международного позиционирования столицы как открытого, инновационного мегаполиса, преодолевающего стереотипы прошлого [7].

Фестиваль «Славянский базар в Витебске» на протяжении тридцати лет играет ключевую роль в формировании городской айдентики. Ежегодный конкурс на визуальный стиль фестиваля стал платформой для развития белорусского дизайна, где традиционные славянские мотивы получают современное графическое прочтение. Лучшие работы становятся основой визуальной коммуникации города – от сувениров до уличных инсталляций. В период фестиваля город превращается в выставочное пространство: фасады, мостовые и транспорт оформляются в фирменной стилистике, что усиливает образ города как культурной столицы Беларуси и демонстрирует его открытость к креативным экспериментам [8].

Проведенная работа позволяет сделать вывод, что айдентика современного города представляет собой сложный, многокомпонентный феномен, играющий ключевую роль в развитии города. Успешные примеры демонстрируют, что эффективная городская айдентика помогает городу обрести уникальный голос, транслировать свои ценности, культуру и характер, создавая эмоциональную связь с жителями, туристами и инвесторами. Удачно выстроенная айдентика усиливает конкурентоспособность города, способствует развитию туризма, креативных индустрий и укреплению локальной идентичности. В условиях глобализации она становится способом сохранить самобытность, одновременно открывая город миру.

Таким образом, формирование продуманной айдентики становится для современного города не вопросом выбора, а необходимостью, позволяющей не только не потеряться в глобальном потоке, но и сохранить свое лицо, адаптируясь к вызовам времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года [Электронный ресурс] / Министерство экономики Республики Беларусь. – Минск, 2020. – Режим доступа: <https://economy.gov.by/uploads/files/NSUR2030/Natsionalnaja-strategija-ustojchivogo-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-Respubliki-Belarus-na-period-do-2030-goda.pdf>. – Дата доступа: 07.10.2025.
2. Айдентика. Глоссарий терминов [Электронный ресурс] / PentaSchool. – Режим доступа: <https://pentaschool.ru/glossary/ajdentika>. – Дата доступа: 07.10.2025.
3. Разработка айдентики: 12 направлений, чтобы выделить компанию среди конкурентов [Электронный ресурс] / MLK. – Режим доступа: <https://mlk.by/blog/razrabotka-ajdentiki-12-napravlenij-htoby-vydelit-kompaniju-sredi-konkurentov/>. – Дата доступа: 07.10.2025.
4. Бильбао — дизайнерский город [Электронный ресурс] / The-Spain. – Режим доступа: <https://the-spain.com/blog/bilbao-dizaynerskiy-gorod>. – Дата доступа: 07.10.2025.
5. Остин: как город стал магнитом для креативных индустрий (репортаж) [Электронный ресурс] / euronews (русская служба). – 15.11.2023. – Режим доступа: <https://ru.euronews.com/travel/2023/11/15/nu-07-nftu-s02-austin-master>. – Дата доступа: 07.10.2025.
6. Региональный и городской брендинг: методические материалы и исследования [Электронный ресурс] / Russian-Branding. – Режим доступа: https://russianbranding.ru/upload/iblock/249/24905fa2bad50f29b0ab2fa7410b2b45.pdf?&SHOWALL_1=1&bxajaxid=d3be21c3974cdfc3952e1538ec009837. – Дата доступа: 07.10.2025.
7. Парк Зарядье: история, освещение и реконструкции [Электронный ресурс] / SvetZavod. – Режим доступа: <https://svetzavod.ru/news/park-zaryadye-istoriya-osveshchenie-i-rekonstruktsii/>. – Дата доступа: 07.10.2025.
8. Международный фестиваль искусств «Славянский базар в Витебске» — официальная информация [Электронный ресурс] / ГЦК г. Витебска. – Режим доступа: <https://fest-sbv.gck.by/info/mezhdunarodnyi-festival-iskusstv-slavianskii-bazar-v-vitebske>. – Дата доступа: 07.10.2025.

УДК 628.1.03

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ЖЕЛЕЗА И АММОНИЙНОГО АЗОТА ДЛЯ МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Н. ФИЛИППОВ, М. МАСЛО
(Представлено: Е.С. Велюго)

В статье рассмотрены технологии очистки подземных вод для малых населенных пунктов, содержащих железо, аммонийный азот и органические вещества. Проанализированы две основные схемы: реагентная с гипохлоритом натрия и комбинированная с предварительной аэрацией. Выбор метода обоснован концентрацией загрязнителей, что позволяет оптимизировать капитальные и эксплуатационные расходы.

Введение. Обеспечение качественной питьевой водой территорий малых населенных пунктов Витебской области сопряжено с существенными трудностями. Ключевой проблемой является сложный состав подземных вод, характеризующийся превышением нормативов по нескольким показателям одновременно: общему железу, аммонийному азоту и перманганатной окисляемости. Сочетанное присутствие этих загрязнителей требует применения комплексных технологических решений, адаптированных к условиям ограниченной производительности и финансирования. Особую сложность представляет наличие аммонийного азота, который не только токсичен сам по себе, но и вступает в реакцию с окислителями, значительно усложняя процесс очистки [1].

Основная часть. Для очистки подземных вод с сочетанным загрязнением железом, аммонийным азотом и органическими веществами применяются различные технологические подходы, каждый из которых имеет определенные ограничения при использовании в условиях малых населенных пунктов [2].

Биологическая очистка, основанная на деятельности нитрифицирующих бактерий, обеспечивает эффективное удаление аммонийного азота. Однако данный метод требует поддержания стабильных температурных условий и длительного времени контакта, что затрудняет его применение на малых станциях с неравномерным режимом работы [3].

Ионный обмен на синтетических смолах позволяет одновременно удалять ионы железа и аммония, но его эффективность резко снижается при наличии органических веществ, вызывающих "отравление" матрицы ионообменника. Высокая стоимость регенерации и необходимость утилизации концентратов также ограничивают широкое применение этого метода [4].

Технологии с использованием перманганата калия в качестве окислителя демонстрируют хорошие результаты по удалению марганца и части органических соединений, однако не обеспечивают полного окисления аммонийного азота и требуют точного дозирования во избежание вторичного загрязнения воды [5].

Мембранные методы (нанофильтрация, обратный осмос) теоретически способны решить проблему комплексного загрязнения, но их внедрение сдерживается высокой энергоемкостью, необходимостью предподготовки воды и образованием концентратов, требующих специальной утилизации [6].

В сравнении с перечисленными методами, технологии на основе гипохлорита натрия демонстрируют оптимальное соотношение эффективности, эксплуатационных расходов и технологической простоты, что обуславливает их широкое применение на объектах малой производительности.

Анализ практики эксплуатации малых станций обезжелезивания позволяет выделить две основные технологические схемы, выбор между которыми определяется, в первую очередь, концентрацией аммонийного азота в исходной воде. Эффективность каждой схемы оценивается по способности обеспечить не только окисление и удаление железа, но и трансформацию аммонийных соединений в безопасные формы с минимальным образованием побочных продуктов.

1. Реагентная схема на основе гипохлорита натрия. Данная схема находит применение при умеренных концентрациях аммонийного азота (условно до 1,0-1,5 мг/дм³). Ее принцип действия основан на окислительной способности гипохлорита натрия (NaOCl), который вводится в обрабатываемую воду. В результате протекающих химических реакций происходит перевод растворенных форм двухвалентного железа в нерастворимый трехвалентный гидроксид, а также окисление аммонийного азота через стадию образования хлораминов. Согласно исследованиям, для полного окисления 1 мг двухвалентного железа требуется примерно 0,64 мг активного хлора, в то время как окисление аммония является более сложным многостадийным процессом с высоким хлоропотреблением [7]. Образовавшиеся в процессе твердые фазы и хлопья удаляются на последующей стадии фильтрации на скорых фильтрах с песчаной загрузкой.

Преимуществами этого подхода являются технологическая простота, минимальные капитальные вложения и легкость автоматизации процесса дозирования реагента.

К ограничениям можно отнести резкий рост расходов на реагент при увеличении концентрации аммония, а также риск формирования нежелательных побочных продуктов хлорирования, таких как хлорамины и хлорорганические соединения, что требует строгого контроля за дозированием [8].

2. Комбинированная схема: аэрация с гипохлоритом натрия. Для обработки вод с повышенным содержанием аммонийного азота (более 1,5-2,0 мг/дм³) и органических веществ более эффективной признана комбинированная схема, включающая стадию предварительной аэрации. На первом этапе вода насыщается кислородом воздуха, что инициирует процессы окисления двухвалентного железа и части органических веществ. Это позволяет снизить окисляемую нагрузку на последующей стадии хлорирования. Последующее дозирование гипохлорита натрия происходит в обогащенную кислородом среду, что создает синергетический эффект и способствует более глубокому разрушению образовавшихся хлораминов. Практика показывает, что такое комбинирование позволяет снизить расход гипохлорита на 20-30% по сравнению с реагентной схемой при аналогичном качестве очистки [9].

Ключевые преимущества комбинированного метода заключаются в существенном снижении потребления дорогостоящего реагента (гипохлорита), повышении общей эффективности очистки и снижении потенциала образования токсичных хлорорганических соединений за счет более полного окисления загрязнителей.

Недостатком является усложнение технологической цепочки и рост капитальных затрат, связанных с установкой и эксплуатацией аэрационного оборудования.

Закключение. Проведенный анализ демонстрирует отсутствие универсального решения для очистки подземных вод сложного состава. Для малых населенных пунктов оптимальная технология должна выбираться на основе тщательного гидрохимического мониторинга. Упрощенная реагентная схема целесообразна при умеренном загрязнении аммонием, в то время как комбинированная технология становится экономически и экологически оправданной при работе с водами, характеризующимися высокими концентрациями аммонийного азота. Такой дифференцированный подход позволяет рационально распределять ресурсы и обеспечивать устойчивое водоснабжение децентрализованных территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Велюго Е.С. Влияние аммонийного азота на состав и очистку подземных вод // Актуальные вопросы эффективного и комплексного использования водных ресурсов: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф., приуроченной ко Всемирному дню водных ресурсов / г. Минск (22–24 марта 2023 г.) / М-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды, РУП «ЦНИИКИВР»; отв. ред. О.В. Ковзунова. – Минск: Нац. библ. Беларуси, 2023. – С. 96–100.
2. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. – К.: Наукова думка, 1986. – 512 с.
3. Журба М.Г. Водоснабжение малых населенных мест. - М.: АСВ, 2010. - 288 с.
4. Degrémont. Water Treatment Handbook. 7th ed. - Paris: Lavoisier, 2007.
5. Велюго Е.С. Анализ фильтрующих материалов для обработки подземных вод сложного состава // Устойчивое развитие: региональные аспекты: сб. ст. XI Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых / г. Брест (24–26 апр. 2019 г.). – С. 211–213. URL: <https://rep.bstu.by/discoverBasheer>.
6. Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. - М.: Изд-во АСВ, 2006.
7. Гусев Б.В., Левина Н.В. Реагентные методы удаления аммония из природной воды // Экология и промышленность России. – 2020. – № 3. – С. 34–39.
8. Yushchenko, V. / Development of a new design of deironing granulated filter for joint removal of iron and ammonium nitrogen from underground water / Yushchenko V., Velyugo E., Romanovski V. / Environmental Technology (United Kingdom). – 2023. <https://doi.org/10.1080/09593330.2023.2185820>
9. Yushchenko V., Velyugo E., Romanovski V. Influence of ammonium nitrogen on the treatment efficiency of underground water at iron removal stations // Groundwater for Sustainable Development. – 2023. – Vol. 22. DOI: 10.1016/j.gsd.2023.100943.

УДК 624.011.2

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ СДВИГОВОГО СОЕДИНЕНИЯ ДЕРЕВОЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

Г.О. ЦИПАН

(Представлено: д-р техн. наук, проф. Д.Н. Лазовский, канд. техн. наук А.М. Хаткевич)

В статье рассмотрены основные виды обеспечения совместной работы древесины и бетона в деревожелезобетонных конструкциях. В рамках исследования изготовлены и испытаны образцы используемых материалов, а также определены их основные физико-механические характеристики.

Введение. Актуально создание конструкций, которые будут отвечать современным критериям. К таким можно отнести деревожелезобетонные конструкции. Они намного эффективнее, чем полностью железобетонные, с точки зрения несущей способности на единицу собственного веса, также они обладают большей жесткостью в плоскости изгиба, что позволяет им сохранять свою форму под нагрузкой, следовательно, и форму всего здания. Ещё одно преимущество, деревожелезобетонные перекрытия обладают более высоким коэффициентом демпфирования, по сравнению с полностью деревянными или железобетонными перекрытиями. Это позволяет снизить эффект от динамических нагрузок и обеспечить хорошие звукоизоляционные характеристики [1].

Одним из ключевых вопросов при проектировании деревожелезобетонных конструкций является обеспечение совместной работы бетона и древесины. Существует множество способов соединения, которые можно классифицировать по степени жесткости на гибкие и жесткие соединения. Использование стержней, винтов и наклонных элементов относится к гибким соединениям, зачастую не обеспечивает необходимую степень совместной работы. Для достижения полной совместной работы требуется применение жестких соединений. Жесткими считаются пазовые соединения, которые создаются путем вырезания участков древесины на некоторую глубину по длине и последующего бетонирования.

Одним из решений пазового механического соединения является применение бетонных шпонок, которые формируются путём высверливания отверстий в деревянном элементе с последующим их бетонированием. Взаимодействие деревянной и бетонной частей происходит благодаря механическому зацеплению бетонной шпонки, а также силам трения и адгезии между бетоном и древесиной.

Для предварительной оценки влияния бетонной шпонки на жесткость и прочность соединения были изготовлены образцы деревобетона, имитирующие работу реальной конструкции. В процессе изготовления рассматривался вариант соединения бетона и древесины с помощью бетонных шпонок различных диаметров.

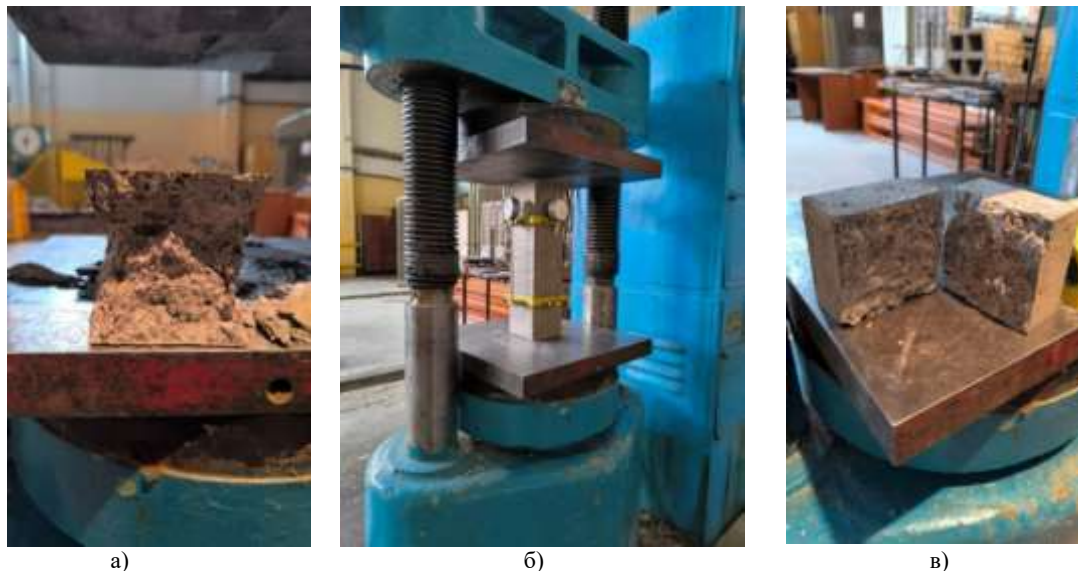
Основная часть. Для точного расчета и анализа образцов таких необходимо определить физико-механические свойства используемых материалов. Изготовление опытных образцов осуществлялось в испытательной лаборатории Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой. Совместно с фрагментами деревобетона были сделаны призмы размером 100x100x400 мм и кубы размером 100x100x100 мм, которые твердели в одинаковых условиях. Для определения прочности деревянной части образца из древесины той же партии изготавливались призмы размером 100x100x600 мм, образцы “восьмерки” и т-образные образцы [2].

Определение физико-механических характеристик бетона проводилась следующим образом. После приготовления бетонной смеси она была залита в формы размером 100x100x100 мм и 100x100x400 мм и уплотнена механическим способом. Твердение бетона проходило в нормальных условиях при температуре окружающего воздуха 22±5°C, относительной влажности 67±10% в течение 28 суток [3]. Испытания проходились в соответствии с ГОСТ 10180-2012 с использованием аттестованного оборудования и поверенных средств измерений (рис.1). Результаты испытаний на сжатие представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Результаты испытаний образцов кубов на сжатие

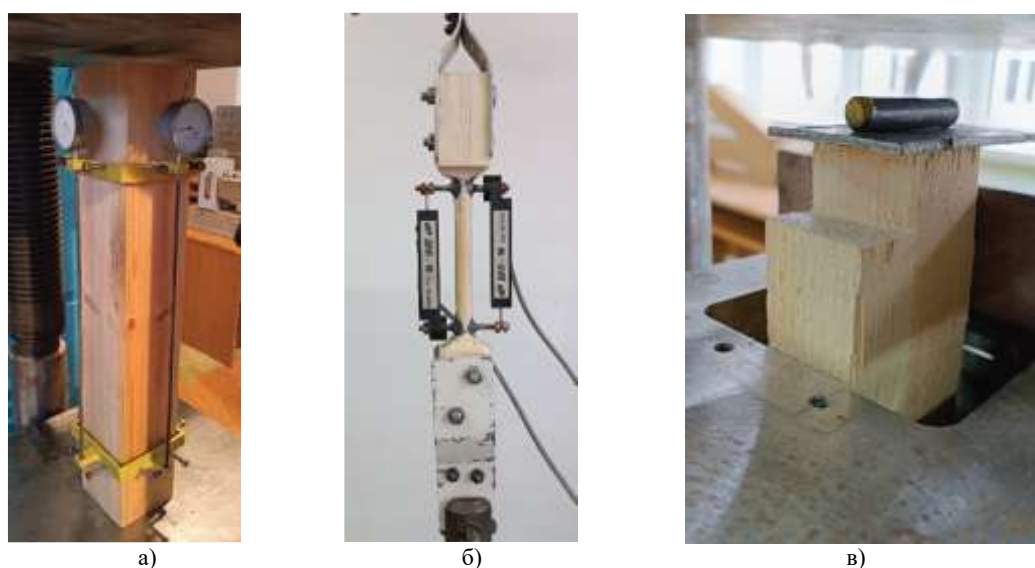
№ образца	Проектный класс (марка)	Предел прочности при сжатии образца, МПа	Среднее значение предела прочности при сжатии, МПа
1	2	3	4
№1	С40/50	60,0	65,0
№2		59,5	
№3		66,3	
№4		65,5	
№5		73,5	

В результате испытаний призм был определен средний модуль упругости бетона, который составил 39 ГПа, что свидетельствует о высоких жесткости и прочностных характеристиках исследуемого материала. Кроме того, в результате испытаний кубиков на скалывание было получено среднее значение прочности равное 6,8 МПа. Эти показатели являются важной характеристикой качества бетона и служат основой для дальнейшего проектирования деревобетонных конструкций.



а) кубика на сжатие; б) призмы, для определения модуля упругости; в) кубика на скалывание
Рисунок 1. – Общий вид бетонных образцов после испытаний

Для определения фактических физико-механических характеристик при сжатии, растяжении, сдвиге вдоль волокон в тангенциальном направлении древесины были отобраны образцы из той же партии древесины, что и опытные фрагменты деревобетона. Образцы представляли собой призмы размером 100 x 100 x 600 мм, для определения прочности при сжатии вдоль волокон, образцы-восьмерки, для определения прочности при растяжении вдоль волокон и т-образные образцы, для определения прочности при сдвиге вдоль волокон (рисунок 2). Торцевые поверхности образца были тщательно подготовлены таким образом, чтобы они были плоскими, параллельными друг другу и строго перпендикулярны к геометрической оси образца. Испытание всех опытных образцов проходило при температуре окружающего воздуха 20 °С, относительной влажности 66 %. Влажность древесины на момент проведения испытаний составляла в среднем 9,4% [4].



а) призмы, для определения модуля упругости; б) образца “восьмерки” при растяжении вдоль волокон;
в) т-образного образца при сдвиге вдоль волокон
Рисунок 2. – Общий вид испытания опытных образцов из древесины

В результате испытаний были получены следующие характеристики древесины:

- средняя прочность на сжатие вдоль волокон составила 49,35 МПа;
- средний модуль упругости вдоль волокон составил 14,125 ГПа;
- средняя прочность на растяжение 83,53 МПа;
- средний модуль упругости поперек волокон составил 18,015 ГПа;
- средняя прочность при сдвиге 2,12 МПа.

Полученные в ходе эксперимента данные обеспечивают возможность дальнейшего подбора и расчета деревожелезобетонных конструкций. В дальнейшем также предполагается изготовление изгибаемых деревобетонных элементов, для чего будут исследованы различные комбинации диаметра и расположения шпонок.

Заключение. В результате проведенного исследования получены все необходимые исходные данные для последующего подбора и расчетов деревожелезобетонных конструкций. Также планируется изготовление изгибаемых деревобетонных элементов с учетом варьирования диаметров шпонок и расстояний между ними. Такой подход позволит определить наиболее эффективные параметры для обеспечения совместной работы между бетоном и древесиной, обеспечивающих требуемую механическую прочность и жёсткость элементов при изгибе. Реализация данного направления расширит возможности применения деревожелезобетонных конструкций в строительстве, обеспечивая более рациональное использование материалов и ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ceccotti A. Composite concrete-timber structures // Prog. Struct. Engng Mater. 2002; 4:264–275. DOI: 10.1002/pse.126.
2. Гиль, А.И. Моделирование диаграмм деформирования древесины при одноосном кратковременном сжатии и растяжении / А. И. Гиль, Д. Н. Лазовский // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации [Электронный ресурс] : сб. материалов IX междунар. науч.-практ. конф., приуроченной к 120-летию со дня рождения К.А. Артемьева, Омск, 21 – 22 ноября 2024 г. / СиБАДИ; Редкол.: А. П. Жигадло (отв. редактор) [и др.]. – Омск : СиБАДИ, 2024. – С. 466-471 – ISBN 978-5-00113-253-0.
3. СТБ EN 12390-3-2012 Методы испытаний бетона. Часть 3. Определение прочности на сжатие испытываемых образцов : – Введ. 01.01.2013. – Минск : Госстандарт, 2013. – 10 с.
4. Лазовский, Д. Н.; Гиль, А. И.; Глухов, Д. О. Диаграммный подход при расчете деревянных конструкций по сп 5.05.01-2021. Вестник БрГТУ 2024, 66-72. DOI: <https://doi.org/10.36773/1818-1112-2024-134-2-66-72>.

УДК 624.011.2

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ В ДЕРЕВОЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Г.О. ЦИПАН

(Представлено: д-р техн. наук, проф. Д.Н. Лазовский, канд. техн. наук А.М. Хаткевич)

Представлен инновационный подход к экспериментальному исследованию прочности деревобетонных конструкций на сдвиг. Изготовлены и подвергнуты испытаниям образцы деревобетонных соединений. На основе полученных данных подтверждена возможность применения методики расчета прочности изгибаемых деревобетонных элементов на сдвиг по контактной зоне древесины и бетона, базирующейся на деформационной модели.

В современных строительных конструкциях все больше внимания уделяется использованию комбинированных материалов в единой конструктивной системе, каковой являются деревожелезобетонные конструкции. Одним из ключевых вопросов является обеспечение надежного соединения различных материалов для совместной работы и долговечности конструкции. В настоящее время ведутся активные исследования по вопросам совместной работы бетона и древесины в деревожелезобетонных конструкциях, при этом особое внимание уделяется как механическим, так и клеевым соединениям [1]. Клеевые соединения, обладающие меньшей деформативностью, однако требуют высокой тщательности подготовки поверхности и соблюдения технологических режимов для обеспечения долговечности, в тоже время значительные разногласия в результатах экспериментальных исследований затрудняют однозначное определение жесткости и надежности таких соединений. Механические соединения более стабильные и обеспечивают большую предсказуемость в поведении под нагрузкой и меньшую зависимость от качества подготовки поверхности [2].

Одним из подходов к реализации жесткого механического соединения является использование бетонных шпонок, которые формируются путём высверливания специальных отверстий в деревянных элементах, после чего эти отверстия заполняются бетоном для обеспечения надежного сцепления между материалами. Такой метод позволяет создавать прочные и долговечные соединения, сочетая преимущества древесины и бетона. Совместная работа деревянной и бетонной части конструкции осуществляется за счет механического зацепления бетонной шпонки, возникающих сил трения между материалами и склеивания бетона и древесины. Использование таких пазовых соединений является перспективным решением для повышения эффективности и надежности деревожелезобетонных конструкций в современном строительстве [1].

Для первоначальной оценки воздействия бетонных шпонок на жесткость и прочностные характеристики соединения были изготовлены экспериментальные образцы в виде фрагментов деревобетона. Изготовление опытных образцов осуществлялось в испытательной лаборатории Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой. В исходной деревянной балке высверливалось отверстие глубиной 50 мм под шпонку, диаметром 40, 60 и 80 мм, далее устанавливалась опалубка и всё пространство заполнялась бетонной смесью, уплотнение производилось вибрированием. В период бетонирования влажность деревянной части образца составляла 9,6 %. Твердение бетона проходило в нормальных условиях при температуре окружающего воздуха $22 \pm 5^\circ\text{C}$, относительной влажности $67 \pm 10\%$ в течение 28 суток [3]. Также параллельно изготавливались образцы материалов, из которых выполнены деревобетонные фрагменты.

На предварительном этапе исследований было изготовлено 5 опытных деревобетонных фрагментов, которые подвергались сдвигу при изгибе. Результаты определения физико-механических характеристик материалов и параметры опытных деревобетонных образцов представлены в таблице 1.

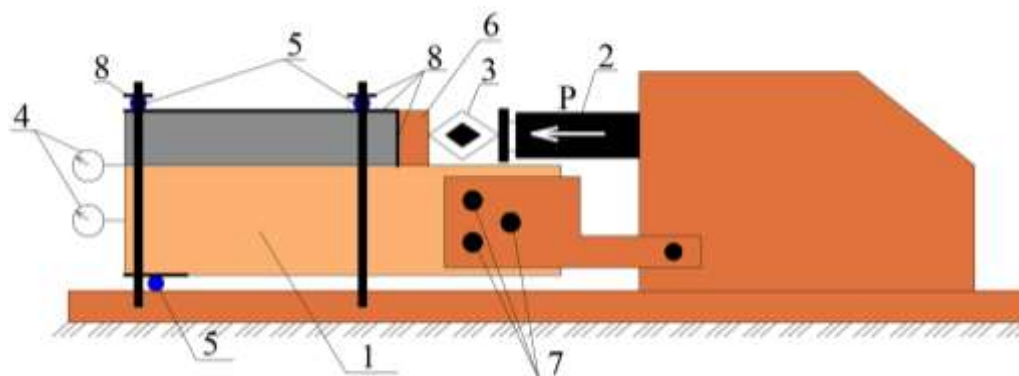
Таблица 1—Результаты испытания опытных деревобетонных образцов

№ образца	Диаметр шпонки, мм	Расстояние от края шпонки до свободного торца, мм	Предельная нагрузка, кН	Предельные деформации, мм	Характер разрушения
1	40	60	25	0,49	Срез шпонки по контакту древесины и бетона
2	40	150	18	1,21	
3	60	60	17	0,68	
4	60	150	27	0,84	
5	80	60	50	0,98	

Во время проведения испытаний фрагмент деревобетонной конструкции помещался в специализированный тестовый стенд (рис. 1). Для приложения горизонтальной нагрузки, приложенной по центру

бетонной части образца, использовался домкрат, усилие которого контролировалось при помощи образцового динамометра ДОР-20. Деревянная часть крепилась к стенду шпильками, обеспечивая неподвижность конструкции в ходе испытания. Чтобы имитировать совместную работу бетона и дерева при изгибе и предотвратить вертикальное смещение бетона относительно дерева, сверху образец фиксировался двумя шарнирными опорами. Эти опоры позволяли бетонной части свободно перемещаться без трения о верхнюю пластину, исключая отрыв бетона от дерева по вертикали.

Во время каждой фазы нагружения фиксировались показания нагрузки и величина смещения бетонной части относительно деревянной.



а)



б)

1 – опытный образец; 2 – домкрат; 3 – образцовый динамометр; 4 – индикатор часового типа; 5 – шарнирная опора; 6 – упорная пластина; 7 – болты крепления деревянной части образца к стенду; 8 – упругая пластина

Рисунок 1. – Схема (а) и общий вид (б) стенда для испытания образцов на сдвиг

В ходе экспериментов по изучению взаимодействия бетона и дерева были выявлены следующие особенности. Сразу после начала приложения нагрузки наблюдалось отслоение бетона от древесины. Затем, по мере увеличения нагрузки, происходил равномерный сдвиг бетона относительно дерева, при этом величина сдвига прямо пропорционально зависела от приложенной нагрузки. Важно отметить, что на стадии линейного сдвига повреждения шпонки и прилегающей к ней древесины были незначительными. Разрушение образца, образованное путем полного сдвига бетона относительно дерева, происходило внезапно, по хрупкому типу, из-за среза бетонной шпонки по границе контакта с деревом. В области шпонки на деревянных элементах наблюдались локальные деформации в виде смятия древесины.

Следовательно, для учета влияния сдвига в деревобетонных изгибаемых конструкциях можно использовать следующий подход: зная распределение нормальных напряжений по высоте поперечного сечения, вычисляются сдвигающие усилия, соответствующие определенной нагрузке T_E , Н [4,5]:

$$T_E = \sum (\sigma_{w,i} \cdot h_{w,i} + \sigma_{c,i} \cdot h_{c,i}) \cdot b, \quad (1)$$

где $\sigma_{w,i}$, $\sigma_{c,i}$ – нормальные напряжения сжатия в середине i -той элементарной площадке рассматриваемого поперечного сечения элемента соответственно из древесины и бетона;

$h_{w,i}, h_{c,i}$ – линейный размер i -той элементарной площадки по высоте поперечного сечения соответственно из древесины и бетона;

b – ширина элемента в рассматриваемом поперечном сечении.

Сдвигающее усилие сопротивления, воспринимаемое одной бетонной шпонкой в рассматриваемом поперечном сечении $T_{R,i}$:

$$T_{R,i} = \frac{\pi \cdot d_{sh}^2}{4} \cdot \tau_{Rd}, \quad (2)$$

где d_{sh} – диаметр бетонной шпонки;

τ_{Rd} – расчетное сопротивление бетона срезу.

Проверка прочности на сдвиг в рассматриваемом поперечном сечении изгибаемого деревянного элемента при заданном нагружении производится из условия (3), при этом при рассмотрении участков, на которых задействовано несколько бетонных шпонок, сдвигающее усилие T_R в рассматриваемом сечении определяется суммой всех сдвигающих усилий, воспринимаемыми бетонными шпонками на данном участке:

$$T_E \leq T_R, \quad (3)$$

Невыполнение условия (3) для одного из поперечных сечений свидетельствует о разрушении элемента при сдвиге (т.е. срезе одной или нескольких бетонных шпонок).

Заключение. На основании проведенных экспериментальных исследований установлено, что использование бетонных шпонок в деревобетонных конструкциях обеспечивает надежное механическое соединение. В ходе испытаний выявлено, что ключевым фактором, определяющим предел прочности соединения, является разрушение бетонной шпонки при срезе по границе контакта с древесиной. Полученные результаты подтверждают эффективность данного типа соединений и позволяют рекомендовать их использование для проектирования деревожелезобетонных конструкций. Также подтверждена возможность использования подхода, основанного на учете сдвиговых воздействий, который включает нелинейное распределения нормальных напряжений и сдвигающих усилий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ceccotti A. Composite concrete-timber structures // Prog. Struct. Engng Mater. 2002; 4:264–275. DOI: 10.1002/pse.126
2. Yeoh D. E. C. Behaviour and design of timber-concrete composite floor system. – 2010. [PhD Thesis, University of Canterbury, New Zealand]
3. СТБ EN 12390-3-2012 Методы испытаний бетона. Часть 3. Определение прочности на сжатие испытываемых образцов : – Введ. 01.01.2013. – Минск : Госстандарт, 2013. – 10 с.
4. Лазовский, Д. Н.; Гиль, А. И.; Глухов, Д. О. Диаграмный подход при расчете деревянных конструкций по сп 5.05.01-2021. Вестник БрГТУ 2024, 66-72. DOI: <https://doi.org/10.36773/1818-1112-2024-134-2-66-72>
5. Лазовский, Д.Н. Деформационный подход к расчету прочности при поперечном изгибе деревянных элементов с учетом сдвига / Д.Н. Лазовский, А.И. Гиль, Д.О. Глухов // Вестник МГСУ. 2025. Т. 20. Вып. 8. С. 1187–1198. DOI: 10.22227/1997-0935.2025.8.1187-1198.

УДК 624.072

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ ФУНКЦИИ ГРИНА К РАСЧЕТУ ОДНОПРОЛЕТНЫХ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ БАЛОК

Н.С. ЧЕКУНОВ, Н.В. ЧЕКУНОВА

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Л.С. Турищев)

Рассматривается получение функций Грина изгибающих моментов и поперечных сил для консольной и простой балок. Показано применение полученных функций Грина для определения соответствующих им внутренних усилий от действия систем сосредоточенных сил, распределенных нагрузок и внешних моментов.

При плоском изгибе однопролетных статически определимых балок в их сечениях от действия нагрузки возникают внутренние усилия – изгибающие моменты и поперечные силы. Определение внутренних усилий принято делать на основании уравнений равновесия твердого тела. Альтернативным вариантом является использование функции Грина. Имя функции связано с английским математиком Джорджем Грином, который применил её в 1828 г. в работе «Essay on the Application of Mathematical Analysis to the Theories of Electricity and Magnetism», ставшей основой для дальнейшего развития теории функций Грина. В строительной механике эту функцию также называют функцией влияния [1].

Применительно к статическим расчетам балок функция Грина является откликом балки на точечное воздействие и характеризует величину внутреннего усилия, возникающего в любом сечении балки при произвольном расположении на ней безразмерной единичной силы. Эта функция является функцией двух независимых переменных и описывает аналитическую зависимость внутреннего усилия в любом сечении балки от произвольного положения безразмерной единичной силы. Поэтому если эта функция известна, а балка считается линейно деформируемой системой, то соответствующее внутреннее усилие в балке можно найти без составления и решения уравнений равновесия.

Рассмотрим нахождение функций Грина изгибающих моментов и поперечных сил для двух видов однопролетных статически определимых балок – консольная и простая балки. Для этого будем использовать метод сечений и определять возникающие в произвольном сечении балок внутренние усилия от действия произвольно расположенной на них безразмерной единичной силы. Полученные в результате этого аналитические выражения и будут являться функциями Грина соответствующих внутренних усилий.

Для нахождения функций Грина внутренних усилий консольной балки определим изгибающий момент и поперечную силу в произвольном сечении, описываемом переменной величиной z , при произвольном расположении на балке безразмерной единичной силы, описываемой переменной величиной x (рисунок 1).

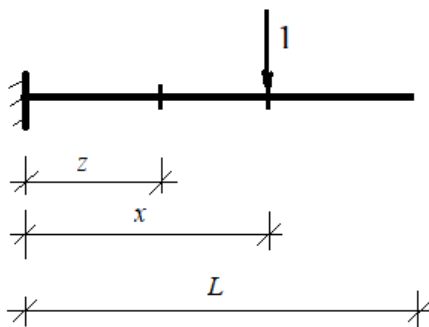


Рисунок 1. – К нахождению функций Грина внутренних усилий консольной балки

Тогда функции Грина внутренних усилий консольной балки имеют вид:

– функция Грина для изгибающего момента $G_M(x, z) = \begin{cases} (z-x) & x \geq z \\ 0 & x < z \end{cases}$ и её частная производная по независимой переменной x $G'_M(x, z) = \begin{cases} -1 & x \geq z \\ 0 & x < z \end{cases}$;

– функция Грина для поперечной силы $G_Q(x, z) = \begin{cases} 1 & z \leq x \\ 0 & z > x \end{cases}$.

Если в полученной функции Грина для изгибающего момента положить переменную x равной некоторой константе c , то независимой переменной будет z . Тогда функция Грина будет описывать единичную эпюру изгибающих моментов консольной балки при действии единичной силы в сечении $x = c$.

Если в полученной функции Грина для изгибающего момента приложить переменную z равную некоторой константе c , то независимой переменной будет x . В этом случае функция Грина будет описывать линию влияния изгибающих моментов консольной балки в сечении $z = c$.

Для нахождения функций Грина внутренних усилий простой балки определим изгибающий момент и поперечную силу в произвольном сечении, описываемом переменной величиной z , при произвольном расположении на балке безразмерной единичной силы, описываемой переменной величиной x (рис.2).

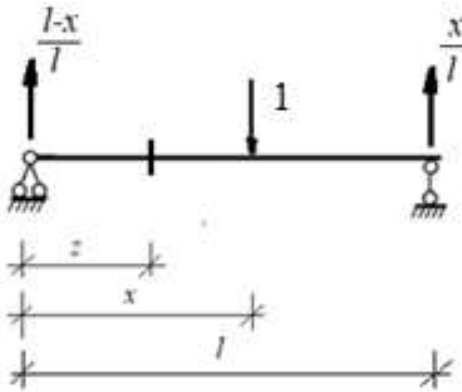


Рисунок 2. – К нахождению функций Грина внутренних усилий простой балки

Тогда функции Грина внутренних усилий простой балки имеют вид:

– функция Грина для изгибающего момента $G_M(x, z) = \frac{(l-x)}{l} z$ $z \leq x$ и её частная производная $\frac{x}{l}(z-x)$ $z > x$

по независимой переменной x $G'_m(x, z) = \frac{-\frac{z}{l}}{z-2x}$ $x \geq z$; $\frac{1}{l}$ $x < z$

– функция Грина для поперечной силы $G_Q(x, z) = \frac{l-x}{l}$ $z \leq x$. $-\frac{x}{l}$ $z > x$

Рассмотрим применение полученных функций Грина для определения внутренних усилий в соответствующих им балках для следующих схем нагружения:

- система сосредоточенных сил P_k ($k = 1, \dots, n$), приложенных в заданных сечениях a_k ($k = 1, \dots, n$);
- система распределенных нагрузок с постоянными интенсивностями q_k ($k = 1, \dots, n$), приложенных на участках с заданными координатами начала и конца каждого участка a_k, b_k ($k = 1, \dots, n$);
- система внешних моментов M_k ($k = 1, \dots, n$), приложенных в заданных сечениях a_k ($k = 1, \dots, n$).

Аналитические выражения, описывающие внутренние усилия (изгибающие моменты и поперечные силы) при действии системы сосредоточенных сил имеют вид

$$M(z) = \sum_k G_M(a_k, z) P_k;$$

$$Q(z) = \sum_k G_Q(a_k, z) P_k.$$

Аналитические выражения, описывающие внутренние усилия (изгибающие моменты и поперечные силы) при действии системы распределенных нагрузок с постоянными интенсивностями имеют вид

$$M(z) = \sum_k q_k \int_{a_k}^{b_k} G_M(a_k, z) dx;$$

$$Q(z) = \sum_k q_k \int_{a_k}^{b_k} G_Q(a_k, z) dx.$$

Аналитическое выражение, описывающее изгибающие моменты при действии системы внешних моментов имеет вид

$$M(z) = \sum_k G'_M(a_k, z) M_k.$$

Полученные формулы позволяют для рассмотренных балок заменить применяемый в строительной механике метод нахождения внутренних усилий в стержневых системах с помощью линий влияния [2; 3] на их аналитическое нахождение. В случае совместного действия всех рассмотренных видов нагружения внутренние усилия, согласно принципу суперпозиции, находятся сложением их частей, найденных от каждого вида нагружения отдельно.

Таким образом, громоздкую задачу определения внутренних усилий в балках с произвольной нагрузкой с помощью составления и решения уравнений равновесия можно заменить на их вычисление с помощью конечных формул, основанных на использовании функций Грина соответствующих внутренних усилий, характеризующих отклики балок на единичное воздействие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рабинович И.М. Строительная механика. Ч.1. Статически определимые системы: учебник / И.М. Рабинович; Гос. изд. стр. лит. – Москва, Ленинград, 1950. – 387 с.
2. Дарков А.В., Шапошников Н.Н. Строительная механика: учебник / А.В. Дарков, Н.Н. Шапошников. – СПб.: Изд. «Лань», 2010. – 656 с.
3. Турищев Л.С. Строительная механика: УМК / Л.С. Турищев. – Новополюк: ПГУ, 2008. – 223 с.

УДК 624.072

ПРИМЕНЕНИЕ ФУНКЦИИ ГРИНА К РАСЧЕТУ МНОГОПРОЛЕТНЫХ ШАРНИРНЫХ БАЛОК

Н.С. ЧЕКУНОВ, Н.В. ЧЕКУНОВА*(Представлено: канд. техн. наук, доц. Л.С. Турищев)*

Рассматривается расчет многопролетной шарнирной балки методом замены связей. В качестве заменяющей конструкции используется консольная балка. Для определения коэффициентов и свободных членов разрешающих уравнений применяется функция Грина изгибающих моментов консольной балки. Получены формулы для определения внутренних усилий многопролетной шарнирной балки с использованием соответствующих функций Грина консольной балки.

Многопролетные шарнирные балки (МШБ) широко применяются в качестве несущих конструкций в строительных сооружениях различного назначения. Наиболее распространенные расчетные схемы таких балок имеют вид (рисунок 1)

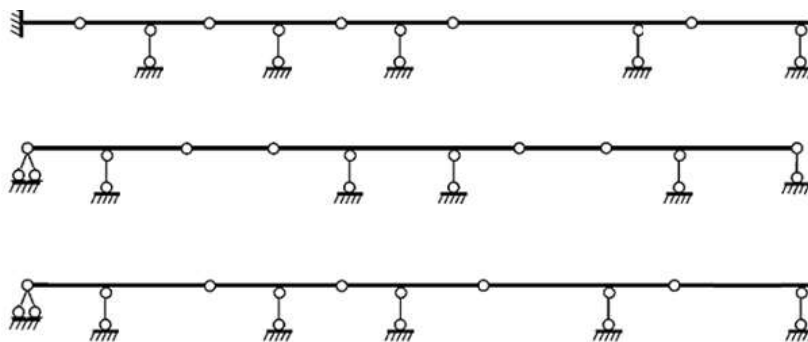


Рисунок 1. – Расчетные схемы МШБ

Расчет МШБ, которые являются статически определимыми составными конструкциями, как правило, принято производить методом, основанным на использовании монтажной (этажной) схемы [1]. Такой метод позволяет заменить расчет составной балки расчетом её отдельных элементов как однопролетных балок на действие собственной нагрузки, с учетом влияния нагрузки опирающихся на них элементов.

Так как МШБ относятся к классу составных статически определимых конструкций, то их расчет можно производить методом замены связей [2]. Этот метод основан на переходе от расчета заданной составной статически определимой конструкции к расчету заменяющей эквивалентной простой статически определимой конструкции. Заменяющая конструкция получается удалением некоторого числа связей в одних частях и введением их в других частях конструкции так, чтобы получилась простая статически определимая конструкция.

Эквивалентность заменяющей конструкции достигается следующим образом. Во-первых, в качестве дополнительных внешних воздействий к ней прикладываются неизвестные реакции удаленных связей заданной конструкции. Во-вторых, вводятся условия обращения в нуль реакций во введенных связях заменяющей конструкции.

Рассмотрим применение метода замены связей к расчету МШБ с первой расчетной схемой (см. рисунок 1). Заданная конструкция характеризуется следующими параметрами:

- число пролетов n ;
- номер произвольного пролета $k = 1 \dots n$;
- общая длина балки L ;
- длина произвольного пролета $l_k = a_k L \left(\sum_k a_k = 1 \right)$;
- положение шарнира в произвольном пролете $\beta_k l_k \quad (0 \leq \beta_k \leq 1)$.

К конструкции приложена произвольная нагрузка, которая обозначена на расчетной схеме символически и может включать в себя сосредоточенные силы, распределенные силы и внешние моменты.

Заменяющая конструкция представляет собой консольную балку, полученную из заданной МШБ удалением шарнирно подвижных опор и заменой шарнирных соединений её частей жестким соединением (рисунок 2).

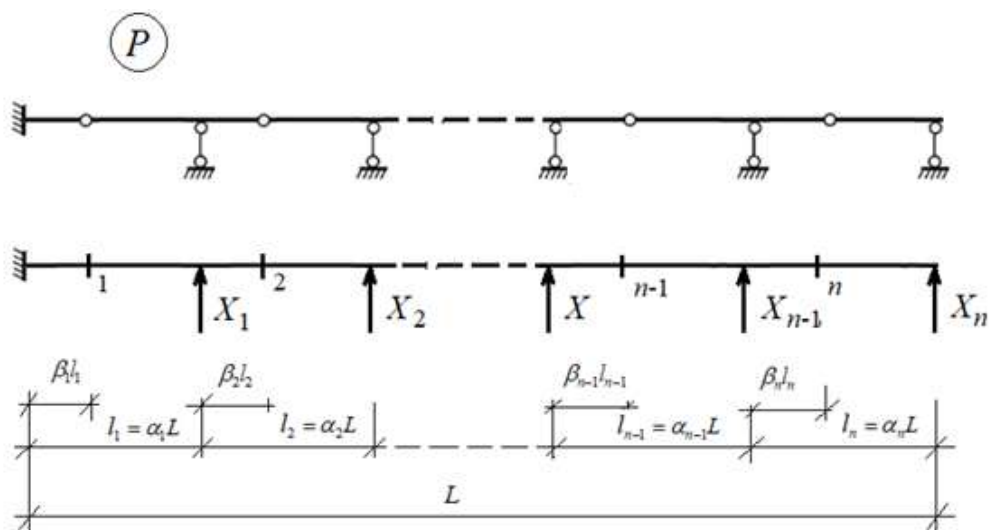


Рисунок 2. – Заданная МШБ и её заменяющая конструкция

Для достижения эквивалентности двух конструкций удаленные шарнирные опоры заменяются известными опорными реакциями, а в сечениях, заменяющих шарнирные соединения, вводятся условия обращения в ноль возникающих там изгибающих моментов от действия неизвестных опорных реакций МШБ и заданной нагрузки

$$M_1(X_1, \dots, X_n, P) = 0$$

.....

$$M_n(X_1, \dots, X_n, P) = 0$$

Тогда система разрешающих уравнений, согласно принципу суперпозиции, примет вид

$$r_{11}X_1 + r_{12}X_2 + \dots + r_{1n-1}X_{n-1} + r_{1n}X_n + R_1P = 0$$

$$r_{22}X_2 + \dots + r_{2n-1}X_{n-1} + r_{2n}X_n + R_2P = 0$$

.....

$$r_{n-1n-1}X_{n-1} + r_{n-1n}X_n + R_{n-1}P = 0$$

$$r_{nn}X_n + R_nP = 0$$

Для определения коэффициенты разрешающих уравнений применим функции Грина изгибающих моментов консольной балки [3]

$$r_{ij} = \begin{cases} -G_m(x_i, z_j) & x_i \geq z_j \\ 0 & x_i < z_j \end{cases}$$

Для вычисления свободных членов разрешающих уравнений применим формулу вычисления изгибающих моментов консольной балки, приведенной в работе [3], для заданной схемы нагружения МШБ

$$R_iP = \sum_k G_M(a_k, z_i)P_k + \sum_k q_k \int_{a_k}^{b_k} G_M(a_k, z_i)dx + \sum_k G'_M(a_k, z_i)M_k$$

где $z_i = \sum_{m=1}^i l_m - \beta_i l_i$ ($i=1, \dots, n$) – координата сечения i -го шарнира рассчитываемой балки.

Так как полученная система разрешающих уравнений представляет собой СЛАУ с верхней треугольной матрицей коэффициентов, то для её решения применимы следующие формулы

$$\begin{aligned}
X_n &= -\frac{R_n P}{r_{nn}} \\
X_{n-1} &= -\frac{r_{n-1n} X_n + R_{n-1} P}{r_{n-1n-1}} \\
&\dots\dots\dots \\
X_2 &= -\frac{\sum_{j=3}^n r_{2j} X_j + R_2 P}{r_{22}} \\
X_1 &= -\frac{\sum_{j=2}^n r_{1j} X_j + R_1 P}{r_{11}}
\end{aligned}$$

Тогда внутренние усилия МШБ определяются по формулам:

– изгибающие моменты $M = \sum_i m_i X_i + M_P$ где $m_i = G_M(c_i, z)$ $c_i = \sum_i l_i$

$$M_P = \sum_k G_M(a_k, z) P_k + \sum_k q_k \int_{a_k}^{b_k} G_M(x, z) dx + \sum_k G'_M(a_k, z) M_k$$

– поперечные силы $Q = \sum_i q_i X_i + Q_P$ где $q_i = G_Q(c_i, z)$ $c_i = \sum_i l_i$

$$Q_P = \sum_k G_Q(a_k, z) P_k + \sum_k q_k \int_{a_k}^{b_k} G_Q(x, z) dx$$

Таким образом, задачу определения внутренних усилий в многопролетных шарнирных балках при действии произвольной нагрузки с помощью составления и решения уравнений равновесия можно заменить на вычисление внутренних усилий с помощью конечных формул, основанных на использовании функций Грина соответствующих внутренних усилий консольной балки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дарков А.В., Шапошников Н.Н. Строительная механика: учебник / А.В. Дарков, Н.Н. Шапошников. – СПб.: Изд. «Лань», 2010. – 656 с.
2. Турищев Л.С. Строительная механика: УМК / Л.С. Турищев. – Новополоцк: ПГУ, 2008. – 223 с.
3. Чекунов Н.С., Чекунова Н.В. К вопросу о применении функции Грина к расчету однопролетных статически определимых балок. – Статья в настоящем сборнике трудов

ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ И ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ

УДК 681.518:624.131

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЗАДАЧАХ ДИАГНОСТИКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Т. ТИХТЯРЕНКО, И. ОРЕХОВ
(Представлено: В.В. Бердашкевич)

В статье рассмотрено применение методов искусственного интеллекта для диагностики и прогнозирования состояния распределительных газопроводов. Предложена модель классификации грунтов по коррозионной активности с использованием алгоритмов машинного обучения, обеспечивающая автоматизированное определение зон риска.

Газораспределительные системы Республики Беларусь являются ключевым элементом топливно-энергетического комплекса. На 2024 год их общая протяженность составляет около 65,5 тыс. км, из которых 35 тыс. км — полиэтиленовые и 30,5 тыс. км — стальные газопроводы. Более 20% стальных трубопроводов эксплуатируются свыше нормативного 40-летнего срока. В этих условиях актуальной задачей становится повышение надежности и предсказуемости технического состояния сетей. Современные тенденции цифровизации инженерных систем предполагают переход от планово-предупредительных ремонтов к прогнозным подходам, основанным на применении методов искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) [1; 2].

Целью является создание модели, способной классифицировать грунты по уровню коррозионной активности на основании лабораторных и полевых данных, включая:

- 1) удельное электрическое сопротивление (ρ);
- 2) температуру грунта;
- 3) влажность грунта.

На основе полученной классификации формируется входной параметр для системы оценки риска распределительных газопроводов.

Для решения задачи классификации грунтов по коррозионной активности использовались алгоритмы машинного обучения, позволяющие анализировать как числовые, так и визуальные данные.

На первом этапе применялись традиционные модели — Random Forest, Support Vector Machine (SVM) и Artificial Neural Networks (ANN). Они обеспечивают высокую точность при работе с лабораторными и полевыми параметрами, такими как удельное электрическое сопротивление (ρ), температура и влажность грунта. Средняя точность классификации по результатам перекрёстной проверки составила 92% при использовании алгоритма Random Forest. Для автоматизации визуального анализа структуры грунтов предложено применение модели YOLO (You Only Look Once), реализующей алгоритмы обнаружения объектов и instance segmentation. На втором этапе был сформирован датасет, включающий 500 изображений срезов грунта, аннотированных в Label Studio и CVAT. В перспективе база данных будет расширена, что, согласно предварительным оценкам, позволит дополнительно повысить качество классификации.

В качестве базовой модели использовалась архитектура YOLOv5 m, обеспечивающая оптимальное соотношение скорости и точности. Обучение проводилось с параметрами: размер изображения — 640×640 пикселей, размер пакета (batch) — 16, количество эпох — 200, скорость обучения — 0.001. Для повышения обобщающей способности применялись методы аугментации — случайные отражения, изменение яркости, контрастности и насыщенности. На этапе валидации достигнута точность свыше 80%, а в отдельных сериях экспериментов — до 88%, при этом время обработки одного изображения не превышало одной секунды.

Полученные результаты подтверждают, что сочетание методов машинного обучения и компьютерного зрения является эффективным инструментом для автоматизированной оценки коррозионной активности грунтов.

Результаты классификации грунтов и визуального анализа структуры срезов интегрируются в риск-ориентированную модель оценки технического состояния газораспределительных систем. В основу модели положен принцип комплексной оценки, при котором каждому участку газопровода присваивается индивидуальный интегральный индекс состояния (I_s). Индекс рассчитывается как функция нескольких параметров: вероятности коррозионного отказа, возраста трубопровода, характеристик изоляционного покрытия и особенностей застройки территории:

$$I_{TC} = f(P_{\text{корр}}, X_{\text{возраст}}, X_{\text{покрытие}}, X_{\text{застройка}})$$

где $P_{\text{корр}}$ – вероятность коррозионного отказа, вычисляемая на основе данных классификации грунтов и параметров электрохимического состояния;

$X_{\text{возраст}}$ – показатель длительности эксплуатации участка;

$X_{\text{покрытие}}$ – коэффициент состояния изоляции, определяемый по результатам диагностики;

$X_{\text{застройка}}$ – фактор, учитывающий плотность городской инфраструктуры и сложность проведения ремонтных работ.

Сформированные модели машинного обучения (Random Forest, ANN, YOLO) обеспечивают автоматическую обработку входных данных и передачу результатов в аналитический модуль мониторинга. На его уровне выполняется динамическая оценка риска, включающая три ключевых этапа:

1) анализ текущих данных — обработка показателей грунта, температуры и влажности в реальном времени;

2) прогноз изменения параметров — моделирование изменения агрессивности среды и вероятности развития коррозии на временном горизонте до 5 лет;

3) ранжирование участков по риску отказа — автоматическое определение приоритетных зон для диагностики, ремонта или замены трубопроводов.

Интеграция ИИ-моделей в систему мониторинга позволяет объединить полевые измерения, лабораторные данные и визуальные наблюдения в единое информационное пространство [3]. Это создаёт предпосылки для внедрения концепции цифрового двойника газораспределительной сети, в рамках которой все изменения технического состояния фиксируются в режиме реального времени, а решения по техническому обслуживанию принимаются на основе количественных показателей риска.

Дополнительным направлением развития является интеграция предложенных ИИ-моделей в единую геоинформационную платформу анализа состояния газораспределительных систем. Это позволит совмещать результаты классификации грунтов, данные о коррозионной активности и пространственные параметры трассировки трубопроводов. С помощью ГИС-модулей возможно визуализировать распределение зон повышенного риска на карте, формировать интерактивные отчёты и автоматически обновлять показатели при поступлении новых данных из датчиков и лабораторий.

Особое значение имеет возможность прогнозирования изменения коррозионной активности грунтов под воздействием климатических факторов. Анализ многолетних данных температуры, осадков и уровня грунтовых вод с применением рекуррентных нейронных сетей (RNN, LSTM) позволяет моделировать сезонную и долгосрочную динамику агрессивности среды. Такой подход обеспечивает адаптивное планирование ремонтов и оптимизацию затрат на техническое обслуживание.

Разрабатываемая система может быть использована не только в газовой отрасли, но и при эксплуатации водопроводных и тепловых сетей, где также актуальны проблемы старения подземных трубопроводов. Внедрение модулей искусственного интеллекта создаёт основу для формирования национальной платформы управления инфраструктурными рисками. Перспективным направлением дальнейших исследований является создание обучающей выборки на основе отечественных геологических и эксплуатационных данных, что повысит точность прогнозов для различных регионов Беларуси и обеспечит соответствие методики национальным нормативным требованиям.

Таким образом, проведённые исследования подтвердили эффективность применения методов искусственного интеллекта для диагностики и прогнозирования состояния распределительных газопроводов. Разработанная система, основанная на сочетании алгоритмов машинного обучения и технологий компьютерного зрения, обеспечивает высокую точность классификации грунтов и позволяет объективно оценивать вероятность развития коррозионных процессов. Интеграция полученных результатов в риск-ориентированную модель мониторинга создаёт основу для цифровой трансформации технического надзора и перехода к концепции предиктивного обслуживания инженерных сетей. Применение интеллектуальных алгоритмов в управлении состоянием газораспределительной инфраструктуры способствует повышению надёжности, снижению аварийности и рациональному использованию ресурсов в газовой отрасли Республики Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куприянова Т.В., Кислицын Д.И. Применение методов машинного обучения в строительстве // Проблемы информатики. – 2021. – № 1 (50). – С. 25–35.
2. Zhang Y., Li H., Wang K. Machine learning applications in civil engineering // Automation in Construction. – 2021. – Vol. 122. – P. 103490.
3. Wu D., Fang S., Zhang Y. Digital twins and machine learning for intelligent infrastructure monitoring // Engineering Structures. – 2023. – Vol. 287. – P. 115184.
4. Бердашкевич В.В., Леонович И.А. Мониторинг технического состояния системы распределительных газопроводов Республики Беларусь // Научный журнал Российского газового общества. – 2024. – № 4 (46). – С. 84–95.

УДК 622.692.4

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ С УЧЕТОМ КОРРОЗИОННОЙ АКТИВНОСТИ ГРУНТОВ

Т. ТИХТЯРЕНКО, И. ОРЕХОВ
(Представлено: В.В. Бердашкевич)

Рассмотрены современные подходы к оценке технического состояния распределительных газопроводов с учетом коррозионной активности грунтов. Приведены основные критерии оценки надежности и методика расчета интегрального индекса состояния. Отмечено значение цифровизации, геоинформационных технологий и методов искусственного интеллекта в повышении эффективности анализа и планирования ремонтов газораспределительных сетей.

Техническое состояние распределительных газопроводов напрямую зависит от характеристик среды их залегания. Одним из основных факторов, определяющих долговечность и надежность стальных труб, является коррозионная активность грунтов [1]. В условиях старения газораспределительных сетей Республики Беларусь и ограниченных ресурсов на их замену особую актуальность приобретает задача рациональной приоритизации ремонтов с учетом объективной оценки технического состояния [2]. Для решения подобных задач в мировой практике разработаны современные методы анализа и прогнозирования технического состояния распределительных сетей.

В мировой практике оценка технического состояния распределительных газопроводов развивается в направлении интеграции геоинформационных систем (ГИС) и технологий машинного обучения [3]. В США и странах ЕС реализуются программы управления целостностью (Integrity Management Programs) [3], предусматривающие оценку рисков на основе анализа данных о коррозионной активности, дефектах изоляции и внешних воздействиях. Подобные подходы позволяют переходить от периодических обследований к прогнозированию состояния в режиме реального времени, что существенно снижает вероятность аварий и утечек.

Оценка технического состояния подземных газопроводов осуществляется с учетом физико-химических свойств грунтов, конструктивных характеристик труб, состояния изоляционного покрытия и эффективности электрохимической защиты [1]. Для получения достоверных данных о фактическом состоянии газопроводов применяются различные методы контроля. К ним относятся потенциометрические измерения, оценка потенциалов смещения, контроль эффективности катодной защиты и визуально-инструментальные обследования вскрытых участков. В последние годы в Республике Беларусь активно используются приборы для измерения поляризационного потенциала и регистрации блуждающих токов, что позволяет выявлять дефектные зоны без проведения земляных работ.

На основании результатов обследований формируются электронные паспорта участков сети, содержащие информацию о годе прокладки, типе изоляции, параметрах электрохимической защиты и данных о коррозионной активности грунтов. Такая база данных служит основой для построения математических моделей деградации трубопроводов и формирования планов ремонтов.

В нормативной базе Республики Беларусь основу составляют ГОСТ 9.602–2016 «ЕСЗКС. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии» [4] и СТБ 1034–2013 «Грунты. Методы определения удельного электрического сопротивления» [5].

Ключевым параметром является удельное электрическое сопротивление ρ [5]. При $\rho < 50$ Ом·м среда считается сильноагрессивной, что требует применения усиленной защиты [1; 4]. Надежность распределительных газопроводов определяется совокупностью факторов (таблица. 1).

Таблица 1. – Основные критерии оценки технического состояния

Критерий	Влияние на надежность	Пример оценки (баллы)
Возраст и материал трубы	Снижение прочности, дефекты сварки	0–3
Изоляционное покрытие	Потеря адгезии, растрескивание	0–3
Эффективность ЭХЗ	Защита от электрохимической коррозии	0–2
Уровень грунтовых вод	Повышение электролитической активности	0–2
Коррозионная активность грунта	Ускоренное разрушение металла	0–4
Плотность застройки	Категория последствий отказа	0–2

Для комплексной оценки предлагается интегральный индекс состояния $I_{ТС}$, определяемый по выражению:

$$I_{ТС} = \sum_{i=1}^n w_i x_i$$

где x_i – нормированные значения критериев оценки (например, возраст трубы, состояние покрытия, эффективность ЭХЗ и т.д.);

w_i – весовые коэффициенты, отражающие относительную значимость каждого критерия;

$$\sum w_i = 1.$$

Интегральный индекс позволяет перевести многопараметрическую задачу оценки состояния в единую количественную форму, удобную для сопоставления участков сети. На основе рассчитанных значений выделяются три категории риска:

1. I (низкий риск) – ($I_{TC} > 0,7$);
2. II (средний риск) – ($0,4 \leq I_{TC} \leq 0,7$);
3. III (высокий риск) – ($I_{TC} < 0,4$).

Весовые коэффициенты w_i могут определяться экспертным методом, с использованием анализа иерархий (АНР) или на основе статистических данных о доле отказов, вызванных конкретными факторами [2]. Например, для газопроводов, эксплуатируемых более 30 лет, весовой коэффициент возрастного критерия может достигать 0,25, в то время как для новых участков он снижается до 0,1.

В качестве примера: при нормированных значениях факторов $x_i = [0,6; 0,8; 0,7; 0,5; 0,4; 0,9]$ и весах $w_i = [0,15; 0,2; 0,15; 0,1; 0,25; 0,15]$ получаем интегральный индекс $I_{TC} = 0,59$, что соответствует категории II – средний риск. Такой результат свидетельствует о необходимости планового ремонта в среднесрочной перспективе [2].

Развитие цифровых технологий обеспечивает применение индексного подхода в сочетании с интеллектуальными методами анализа данных. В настоящее время создаются цифровые двойники распределительных сетей, объединяющие геоданные, результаты обследований и параметры коррозионной активности [2]. Использование алгоритмов машинного обучения позволяет выявлять взаимосвязи между типом грунта, влажностью и скоростью коррозии металла, что повышает точность прогнозирования ресурса трубопровода.

Зарубежная практика подтверждает эффективность подобных решений. Так, компании National Grid (Великобритания) и Enbridge (Канада) применяют платформы, интегрирующие данные инлайн-инспекций и мониторинга изоляционных дефектов [3]. Это позволяет автоматически выделять участки с повышенной вероятностью отказов и планировать профилактические мероприятия.

Для Республики Беларусь внедрение таких подходов целесообразно в рамках национальных программ цифровизации энергетического сектора. Создание единой базы данных и систем поддержки принятия решений позволит перейти от периодических обследований к прогнозному управлению техническим состоянием распределительных сетей.

Таким образом, коррозионная активность грунтов остаётся ключевым фактором, определяющим долговечность и надёжность распределительных газопроводов. Учёт этого параметра при комплексной оценке состояния обеспечивает более точное прогнозирование деградации трубопроводов и повышает обоснованность инженерных решений.

Применение индексного подхода в сочетании с цифровыми моделями и базами данных создаёт основу для построения интеллектуальных систем мониторинга, формирующих приоритеты ремонта и технического обслуживания [1; 2]. Это открывает перспективы перехода к комплексному управлению надёжностью распределительных газопроводов Республики Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев, А. С. Коррозия и защита подземных металлических сооружений / А. С. Григорьев, Е. В. Шеин. – М.: Недра, 2019. – 312 с.
2. Бердашкевич В. В. Мониторинг технического состояния системы распределительных газопроводов Республики Беларусь / В. В. Бердашкевич, И. А. Леонович // Научный журнал Российского газового общества. – 2024. – № 4(46). – С. 84–95.
3. ASME B31.8S–2018. Managing System Integrity of Gas Pipelines. – New York: ASME, 2018. – 178 p.
4. ГОСТ 9.602–2016. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. – Введ. 01.07.2017. – М.: Стандартинформ, 2017. – 28 с.
5. СТБ 1034–2013. Грунты. Методы определения удельного электрического сопротивления. – Минск: Госстандарт, 2013. – 16 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОДЕЗИЯ

<i>Скакун В.А., Горовец В.В.</i> Современные подходы к обработке геопространственной информации: от BIM-моделирования до искусственного интеллекта	3
<i>Скакун В.А., Горовец В.В.</i> Разработка специализированного AI-ассистента для инженеров-геодезистов с использованием RAG-подхода и векторных баз данных	6

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА. ДИЗАЙН

<i>Алешковская Я.В.</i> Дизайн как мышление, связывающее утилитарное и эстетическое	10
<i>Алешковская Я.В.</i> Некоторые особенности преобразования реальности в дизайне	13
<i>Belousov A., Zhuravski N.</i> Development and optimization of a depth sensor for monitoring the stress-strain state of building structures	16
<i>Belousov A., Zhuravski N.</i> Load determination by a developed monitoring system with a depth sensor for monitoring the stress-strain state of building structures	19
<i>Belousov A., Zhuravski N.</i> Deformation determination by a developed monitoring system with a depth sensor for monitoring the stress-strain state of building structures	22
<i>Belousov A., Zhuravski N.</i> Development of a continuous monitoring system for the microclimate of the interior space of buildings and structures	24
<i>Болтрушев К.А.</i> Теория цвета М. Матюшина и её применение в интерьере	28
<i>Василенко А.С.</i> Расчет железобетонной подпорной стенки уголкового типа с учетом и без учета анизотропии глинистого грунта	30
<i>Зуева А.А.</i> Внедрение поведенческого аудита безопасности с целью снижения производственного травматизма при выполнении строительно-монтажных работ	34
<i>Зуева А.А.</i> Комплекс мер защиты изолированных на термоизоляции, контактирующих с аэрозолями искусственных минеральных волокон.....	38
<i>Козыренко А.Н.</i> Конкурсная модель разработки айдентики города Новополюцка	41
<i>Колтунова Д.А., Мауликаева П.Т.</i> Костёл Благовещения Пресвятой Девы Марии и монастырь бригиток в Гродно	43
<i>Колтунова Д.А., Мауликаева П.Т.</i> Костёл Благовещения Пресвятой Девы Марии и монастырь бригиток в Гродно: интерьер, экстерьер и архитектура	48
<i>Поправко С.А., Рзаева Э.Э. к.</i> Облик садов при учреждениях образования. Примеры развития	52
<i>Поправко С.А., Рзаева Э.Э. к.</i> Яблоневый сад. История возникновения	56
<i>Рубина К.М.</i> Адаптивный интерьер, его эволюция, типы и ключевые характеристики	61
<i>Рубина К.М.</i> Основные направления и принципы создания адаптивных интерьеров	64
<i>Сенько Е.Л.</i> Формирование айдентики промышленного города: на примере Новополюцка	67
<i>Сенько Е.Л., Козыренко А.Н.</i> Айдентика современного города как инструмент формирования конкурентного преимущества	69
<i>Филиппов Н., Масло М.</i> Сравнительный анализ технологий очистки подземных вод с повышенным содержанием железа и аммонийного азота для малых населенных пунктов	71
<i>Ципан Г.О.</i> Результаты определения физико-механических характеристик материалов сдвигового соединения деревожелезобетонных перекрытий	73
<i>Ципан Г.О.</i> Исследование и перспективы применения механических соединений для обеспечения совместной работы в деревожелезобетонных конструкциях	76
<i>Чекунов Н.С., Чекунова Н.В.</i> К вопросу о применении функции Грина к расчету однопролетных статически определимых балок	79
<i>Чекунов Н.С., Чекунова Н.В.</i> Применение функции Грина к расчету многопролетных шарнирных балок	82

ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ И ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ

<i>Тихтяренко Т., Орехов И.</i> Применение искусственного интеллекта в задачах диагностики и прогнозирования состояния газораспределительных систем	85
<i>Тихтяренко Т., Орехов И.</i> Оценка технического состояния распределительных газопроводов с учетом коррозионной активности грунтов	87