



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

“АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОТЕХНИКИ, ЭКОЛОГИИ, ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ, СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ”

МАТЕРИАЛЫ 81-ОЙ СТУДЕНЧЕСКОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
СЕКЦИЯ “ГЕОТЕХНИКА И СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА”

17 АПРЕЛЯ

ЭЛЕКТРОННОЕ НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

БЕЛАРУСКІ НАЦЫЯНАЛЬНЫ ТЭХНІЧНЫ УНІВЕРСІТЭТ

МИНСК
БНТУ
2025

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Белорусский национальный технический университет

Строительный факультет

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОТЕХНИКИ, ЭКОЛОГИИ,
ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ,
СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ

Материалы 81-й студенческой
научно-технической конференции

Секция «Геотехника и строительная механика»

17 апреля

Электронное научное издание

Минск
БНТУ
2025

Составители:

Т. М. Уласик – доцент, заведующий
кафедрой «Геотехника и строительная механика» СФ БНТУ

Л. Ю. Медведев – ассистент
кафедры «Геотехника и строительная механика» СФ БНТУ

Сборник содержит материалы 81-й студенческой научно-технической конференции «Актуальные проблемы геотехники, экологии, защиты населения в чрезвычайных ситуациях, строительной механики и информационных технологий». В сборнике освещены материалы, посвященные конструкциям нулевого цикла, вопросам инженерной геологии, проблемам защиты населения и окружающей среды, строительной механики и информационным технологиям в строительстве.

Статьи приведены в авторской редакции. Ответственность за содержание статей несут авторы.

Предназначено для научно-педагогических работников, студентов, магистрантов и аспирантов.

Белорусский национальный технический университет
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.(017) 292-77-52, факс (017) 292-91-37

© БНТУ, 2025

© Уласик Т.М., Медведев Л.Ю., 2025

© Медведев Л.Ю., Кашпар Е.А.,
компьютерный дизайн, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Тутина Е.Е., Климова А.В., Головенчик Д.В.</i> ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ.....	8
<i>Анциута А. В., Чушанок М. О.</i> АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ИНТЕНСИВНОСТЬ ПРИРОДНЫХ БЕДСТВИЙ.....	11
<i>Купраш Д.Д., Коледа П.В.</i> ★ БЛАГОУСТРОЙСТВО МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА МИНСКА.....	13
<i>Навроцкая А.В.</i> ★ НОВАЦИИ В САМООБЕСПЕЧЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИЕЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....	16
<i>Врублевская В.А., Тутина Е.Р.</i> СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДЫ.....	19
<i>Сацута С. В., Бышовец В. В.</i> ОЦЕНКА СКОРОСТИ РАЗВИТИЯ ОСАДКИ ПОД ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТОЙ ЗДАНИЯ.....	22
<i>Бартошевич А.В., Семенович А.В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ СВАЙ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ОПОЛЗНЕОПАСНЫХ СКЛОНОВ.....	24
<i>Мордич И. И., Денисович Д. В., Бобко И. Л.</i> ★ ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ГРУНТОВОЙ ВОДЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ УГОЛКОВЫХ ПОДПОРНЫХ СТЕН.....	27
<i>Липницкая К.В., Мастяница Я.А.</i> УЧЁТ ОПОЛЗНЕВЫХ ЯВЛЕНИЙ ПРИ РАСЧЁТАХ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ.....	30
<i>Пузанова А.С., Богурин М.А.</i> ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МОДУЛЯ ДЕФОРМАЦИИ ГРУНТА В ОСНОВАНИИ ФУНДАМЕНТА НА ВЕЛИЧИНУ ОСАДКИ ПЛИТНЫХ СТОЛБЧАТЫХ ФУНДАМЕНТОВ.....	32
<i>Герасимёнок Д.О., Анимуцкий В.В., Жамоздик В.А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШПУНТА ТИПА «ЛАРСЕН» ДЛЯ ОГРАЖДЕНИЙ КОТЛОВАНОВ.....	35
<i>Шемис Ек.В., Шемис Ел.В.</i> ВЛИЯНИЕ ГРУНТОВОЙ ВОДЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ОТКОСА В ПЕСЧАНЫХ ГРУНТАХ.....	37

Давидович А. А. ★	
ЭКЛЕКТИКА: ВЗАИМОСВЯЗЬ ВНУТРЕННЕЙ ОТДЕЛКИ С КОНСТРУКТИВОМ ЗДАНИЯ.....	39
Яцынович О. В.	
МОСТОСТРОЕНИЕ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ.....	44
Мордич И. И., Шемис Ек. В., Шемис Ел. В. ★	
ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ СТЕРЖНЕЙ В ПЛОСКИХ РАМАХ (С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ).....	49
Бартошевич А.В., Пузанова А.С., Семенович А.В.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИЗНОСА ПРОМЫШЛЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	52
Немогай Ю.В.	
РОЛЬ БИОНИКИ В АРХИТЕКТУРЕ И СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКЕ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ ФОРМ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	55
Омельчук П.С.	
АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ. ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМЫ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВЕТРУ.....	58
Потапенко П. Н., Олиферко А. С.	
ОПТИМИЗАЦИЯ НАГРУЗОК НА ФУНДАМЕНТ НА ПРИМЕРЕ АРХИТЕКТУРНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ МАЛОГО ЖИЛОГО ДОМА.....	61
Янушкевич К.Е., Рахунок К.А.	
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА МОСТОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ. ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	66
Бобоев Д. Х.	
ДИНАМИКА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПРИРОДНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ В ТАДЖИКИСТАНЕ.....	69
Савина Е.Н.	
РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНОГО ОБЪЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЛАКА ТОЧЕК.....	72
Колос М.А.	
КРИПТОВАЛЮТЫ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ.....	76
Береснев Д.В.	
ВІМ ТЕХНОЛОГІЇ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	79

<i>Петрова С.П.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ДАННЫХ.....	82
<i>Шестакова Д.А.</i> ★ СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	85
<i>Димитриев С.Я., Байрамдурдыев Д.М.</i> КОМПЬЮТЕРНАЯ ИГРА «BUILDER SIMULATOR» И ЕЕ РОЛЬ В ОБУЧЕНИИ МОЛОДЫХ СТРОИТЕЛЕЙ.....	87
<i>Дегтярёнок Д., Шматок К. И.</i> ПРОГРАММНЫЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. ПК ЛИРА 10. AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL.....	89
<i>Навроцкая А.В.</i> ★ УМНЫЙ ДОМ.....	94
<i>Вилькевич П.Ю.</i> СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	97
<i>Езерская Д. Д.</i> СПОСОБЫ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ МУСОРА, ИСПОЛЗУЕМЫЕ В МИРОВОЙ ПРАКТИКЕ. ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ.....	100
<i>Парфенкова К. А.</i> ЭФФЕКТИВНЫЕ СТРАТЕГИИ ЭВАКУАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ.....	103
<i>Самусевич А. А., Шевелёв А. Л.</i> ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧАЭС.....	106
<i>Яковлева К. Л., Суровец Н. В.</i> ЭФФЕКТИВНЫЕ СТРАТЕГИИ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ ОТ РАДИАЦИОННЫХ УГРОЗ. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ.....	109
<i>Тутина Е. Е.</i> ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ ОКАЗАНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ.....	111
<i>Врублевская В. А., Тутина Е. Р.</i> ★ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	113
<i>Кузменков И.В.</i> НОВАЯ ЭПОХА В РАЗВИТИИ АЭС “БРЕСТ - ОД - 300”.....	115

Инишкова Д. В., Ошейко К. А.

РОЛЬ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ В УПРАВЛЕНИИ
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМИ СИТУАЦИЯМИ.....

119

Навроцкая А. В. ★

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ
К ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМ И РАЗРАБОТКА
РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ИХ УЛУЧШЕНИЮ.....

121

★ – лучшие доклады в секциях

★ – специальная грамота за
активное участие в конференции (участие в трёх направлениях)

ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Тутина Е.Е., Климова А.В., Головенчик Д.В.

(научный руководитель – Уласик Т.М.)

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Аннотация

В докладе рассмотрены конструкция, принцип работы, преимущества и недостатки электростанций на топливных элементах.

Введение

Электростанции на топливных элементах (ТЭ) являются инновационным способом генерации электроэнергии, основанным на электрохимических реакциях. Они отличаются высокой эффективностью, низким уровнем выбросов и применимостью во многих сферах.

Основная часть

1. Конструкция электростанции

Электростанции на топливных элементах состоят из следующих ключевых компонентов:

- *Топливные элементы (ТЭ):* основной модуль, включающий в себя множество ячеек, соединенных в стопки (стэки).

Топливный элемент (или электрохимический генератор) — устройство, преобразующее химическую энергию топлива в электрическую энергию в ходе электрохимической реакции [1].

- *Система подачи топлива:*

- Источник водорода.

В идеале, для работы топливного элемента в качестве подаваемого топлива необходим водород. Имеет место быть один существенный минус: хранение и производство такого типа топлива достаточно затратны. В связи с чем "портативные" генераторы на топливных элементах работают в том числе и от водородосодержащего топлива. В качестве такого энергоносителя могут применяться привычные для нас углеводороды: пропан, метан, бутан, бензин.

- Система очистки (удаление примесей).

- *Система подачи окислителя:* воздушные компрессоры для подачи чистого кислорода.
- *Теплообменник:* снижение негативного влияния тепла, выделяемого в процессе работы.
- *Система управления:* контроль определенных параметров (влажность, температура, давление)
- *Инвертор:* преобразование тока постоянного в ток переменный.
- *Вспомогательные системы:*
 - Охлаждение (жидкостное или воздушное, в зависимости от нагрузок).
 - Увлажнение [2].

2. Принцип работы

Генератор на топливных элементах включает в себя: топливный процессор, секции генерации энергии, преобразователи электрических напряжений.

Топливный процессор трансформирует углеводородное топливо в чистый водород, в свою очередь необходимый для проведения электрохимической реакции. Основной частью устройства является реформер. Поступающий в реформер, например, природный газ (метан) взаимодействует с водяным паром при значительных температурах (порядка 900 °С) и высоких давлениях с добавлением катализатора (никеля). Пар, требуемый для преобразования, получается из конденсата в ходе работы топливного элемента. При этом используется тепло, так же выделяемое вследствие его работы.

Секция выработки энергии — основная составляющая генератора. Она состоит из большого количества топливных ячеек, в составе электродов которых находятся платиновые катализаторы. С помощью данных ячеек генерируется постоянный электрический ток.

Преобразователь напряжения. Вырабатываемый топливными ячейками постоянный электрический ток достаточно неустойчив, имеет низкое значение напряжения и высокую силу тока. Для его преобразования в переменный ток, соответствующий стандартам, а также для защиты цепи от нарушений ее работы и используют преобразователь напряжения.

В таком генераторе порядка 40% энергии топлива может быть преобразовано в электрическую энергию. Еще 40% энергии топлива преобразуются в тепловую энергию. Такой тип энергии можно применять для обогрева помещений, а также воды в водопроводе. Вследствие чего суммарный КПД такого генератора возрастает уже до 80% [3].

3. Преимущества электростанций на топливных элементах

-Топливные элементы несложны по своей природе, достаточно долговечны и изредка требуют ремонта и проведения технического обслуживания.

-Топливные элементы более эффективны, нежели обычные генераторы для маломасштабного обеспечения электроэнергией.

-Водород — наиболее оптимальный источник энергии — нетоксичен для человека.

-При соблюдении требований правил использования водородный топливный элемент производит крайне малое количество газов, загрязняющих атмосферу, и не создает в ходе эксплуатации пылевых загрязнителей в целом. Даже в случае, если в качестве топлива для топливного элемента служат более обычные пропан или метан, уровень загрязнения окружающей среды остается значительно ниже, чем при эксплуатации стандартного генератора, работающего на двигателе внутреннего сгорания.

-Применение топливных ячеек даёт возможность избежать образования зависимости от импорта нефти и иных продуктов нефтеперерабатывающей промышленности.

-Производство водорода для топливных ячеек при наличии соответствующей инфраструктуры позволяет повысить запасы топлива для обогрева.

-Эксплуатируемые газопроводы можно применять для подачи природного газа на электростанции с топливными элементами, использующими этот газ [4].

-Некоторые типы топлива, соответствующие требованиям для использования в топливных элементах, можно производить на небольших местных предприятиях, вследствие чего исчезает вопрос о транспортировке энергоресурсов на значительные расстояния.

-В некоторых случаях местные власти стимулируют использование альтернативной энергетики (включая топливные элементы) с помощью льготных налоговых вычетов и начисления различных субсидий.

4. Недостатки электростанций на топливных элементах

-В определенных районах может наблюдаться проблема с обслуживанием топливных элементов в связи с недостатком запчастей или квалифицированного персонала.

-Транспортировка и хранение топлива являются главным технологическим препятствием для широкого распространения малых электростанций данного типа, хотя этот недостаток не затрагивает жидкие виды альтернативного топлива.

-Энергоемкость водорода в сравнении с другими типами топлива относительно мала. Это ограничение также не касается жидких видов альтернативного топлива [5].

-Водород крайне взрывоопасен и горюч. Это ограничение обычно также не относится к альтернативному топливу в жидком виде.

-Водородные топливные элементы достаточно дорогостоящи в использовании, в основном в связи со стоимостью процессов, в которых водород выделяется из его естественных форм. Жидкие виды альтернативного топлива, как правило, не имеют такого недостатка.

-Некоторые типы топлива, например биодизельное и дизельное, в холодную погоду изменяют свою консистенцию, то есть становятся более вязкими, что может привести к выводу топливных элементов из строя.

-Иные виды топлива — бензин или метанол, например, — могут быть токсичны для человека при прямом контакте [6].

Заключение

Электростанции на топливных элементах — достаточно перспективная технология для перехода к низкоуглеродной энергетике. Их модульность, энергоэффективность и экономичность делают их ключевым элементом для устойчивого развития. Однако для массового внедрения необходимо снижение стоимости материалов и развитие инфраструктуры производства «зеленого» водорода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Баронов В.С., Кривцун И.В. — Топливные элементы и водородная энергетика. — М.: Энергоатомиздат, 2008.;
2. Огурцов В.И. — Топливные элементы: теория и практика. — М.: Физматлит, 2012.;
3. Лармини, Дж., Дикс, А. — «Объяснение систем топливных элементов». — Wiley, 2003.;
4. Боссель, У. — Водород: топливо будущего? Европейский форум по топливным элементам, 2006.;
5. Беляев И.Я., Рыженков С.В. — Водородная энергетика и топливные элементы: учебное пособие. — СПб: Политехника, 2010.;
6. Фатеев В.Н., Гришина М.А. и др. — Топливные элементы: состояние и перспективы развития. — ИНЭУМ, 2009.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ИНТЕНСИВНОСТЬ ПРИРОДНЫХ БЕДСТВИЙ

Анцута А. В., Чушанок М. О.
(научный руководитель – Шипица Д.И.)

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Аннотация

В данной статье рассматривается влияние климатических изменений на распространение природных бедствий, а также различные пути решения данной проблемы.

Введение

В последние десятилетия увеличивается число природных катастроф по всему миру, и это в значительной степени связано с глобальными изменениями климата. Климатические изменения оказывают значительное влияние на частоту, интенсивность и географическое распределение природных бедствий.

Основная часть

Климатические изменения следует характеризовать как долгосрочные и значительные изменения в климатических условиях на Земле, включая температуру, осадки, ветровые режимы и другие погодные параметры. Эти изменения могут происходить как естественным образом, так и под влиянием человеческой деятельности.

К естественным причинам относятся: изменения в солнечной активности, извержения вулканов, колебания орбиты Земли. [1]

К антропогенным факторам относятся: сжигание ископаемого топлива (угля, нефти, газа); вырубка лесов; индустриальное сельское хозяйство; выбросы парниковых газов, таких как углекислый газ (CO_2) и метан (CH_4).

Изменение климата на планете вызывает ураганы и тайфуны, наводнения и ливни, засухи и лесные пожары, экстремально высокие температуры, таяние ледников и вечной мерзлоты. Ускоренное таяние ледников вызывает повышение уровня моря и увеличивает риск схода оползней и лавин. Таяние вечной мерзлоты также высвобождает парниковые газы, что усугубляет глобальное потепление.

В совокупности эти факторы усиливают негативное влияние на людей и экосистему, требуя принятия мер и стратегий по снижению влияния техногенных факторов на изменение климата.

Решение проблем, связанных с климатическими изменениями, требует комплексного подхода на всех уровнях (глобальном, национальном и локальном), а именно [2]:

сокращение выбросов парниковых газов, что может быть достигнуто переходом на возобновляемые источники энергии (солнечная, ветряная, гидроэнергетика), повышением энергоэффективности в промышленности, транспорте и жилых зданиях, развитием электротранспорта и общественного транспорта с низким уровнем выбросов, освоение и распространение технологии CCS улавливания углерода из атмосферы;

адаптация к изменениям климата выполнением следующих мероприятий: строительство защитных сооружений от наводнений и повышения уровня моря; модернизация инфраструктуры для устойчивости к экстремальным погодным условиям; развитие устойчивых сельскохозяйственных практик; улучшение систем раннего предупреждения о природных катастрофах;

сохранение и восстановление экосистем путем лесовосстановления и предотвращения вырубки лесов, организацией охраны водных ресурсов и восстановления водно-болотных угодий, поддержка биоразнообразия и защита природных заповедников;

образование и повышение осведомленности населения о последствиях климатических изменений.

Также одним из эффективных способов являются экономические и политические меры, а именно: введение углеродного налога и системы торговли квотами на выбросы; поддержка научных исследований и инноваций в области чистых технологий; международное сотрудничество в области климата.[3]

Комплексное внедрение этих мер поможет смягчить воздействие климатических изменений и адаптироваться к новым условиям, обеспечивая устойчивое будущее для планеты.

Каждый человек может внести свой вклад в борьбу с климатическими изменениями через осознанные действия в повседневной жизни, руководствуясь следующими принципами: энергоэффективности; экологичности в повседневной деятельности на всех уровнях; сокращение количества отходов, сортировка отходов; осознанность важности комплексного подхода в сохранении климата; сохранности природы и ресурсов; образованности в сфере сохранения окружающей среды; обеспечение участия каждого человека в организационных мероприятиях по сохранению климата на всех уровнях.

Изменения в образе жизни каждого человека, несомненно, приведут к значительным результатам, но для этого необходима глобализация проблемы изменения климата.

В нашей стране наблюдаются следующие климатических изменения: повышение температуры на 2,0–2,2 °C в течение последних 30 лет; изменение характера осадков (более частые ливни); сезонные изменения температуры воздуха; сокращение торфяных низинных болот в три раза за последние 40 лет. [4]

В Республике Беларусь активно реализуются проекты и программы, направленные на смягчение последствий климатических изменений и адаптацию к ним. Кроме того, в стране действуют общественные экологические организации, участвующие в международных проектах по решению острых экологических проблем Беларуси.

Эти инициативы и проекты способствуют устойчивому развитию местных сообществ и повышают осведомлённость населения о необходимости адаптации к изменяющимся климатическим условиям.

Заключение

В современном мире много возможностей и технологий, которые помогли бы населению нашей планеты справляться с природными бедствиями. Однако не стоит исключать, что каждый человек в индивидуальном порядке имеет свой вес и влияние на состояние нашей планеты. Необходимо донести до более молодых поколений систематику данной проблемы и более активно начать внедрять способы борьбы с климатическими изменениями.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Официальный сайт немецких СМИ на русском языке [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://aussiedlerbote.de> – Дата доступа: 22.03.2025.;
2. Официальный новостной портал ООН по окружающей среде [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.unep.org> – Дата доступа: 22.03.2025.;
3. Платформа устойчивого развития экологичного будущего [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sigmaearth.com>. – Дата доступа: 22.03.2025.;
4. Интернет-портал Зелёная Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://greenbelarus.info> – Дата доступа: 22.03.2025.

БЛАГОУСТРОЙСТВО МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА МИНСКА

Купраш Д.Д., Коледа П.В.

(научный руководитель – Уласик Т.М.)

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Аннотация. Статья анализирует процессы благоустройства в модернизированных районах Минска, рассматривая влияние этих изменений на общественную жизнь и экологическую устойчивость.

Введение

В настоящее время проблема совершенствования планировочной организации и качества системы озеленения городских территорий является чрезвычайно актуальной. Внедрение новых приемов озеленения и ландшафтного дизайна в градостроительную практику Беларуси являются перспективными направлениями развития системы городских ландшафтно-рекреационных территорий, как на уровне жилого двора, так и на уровне крупных парковых территорий.

Влияние благоустройства на экосистему и здоровье населения.

Благоустройство должно обеспечить несовместимые порой интересы пользователей каждого участка жилой территории. Конфликт между человеком и автомобилем, сегодня является одной из главных проблем жилого двора. Парковка автомобилей внутри двора не только затрудняет доступ жителям к озелененным пространствам, но и создает визуальный дискомфорт. Еще один важный аспект формирования жилой среды – ее адаптация к требованиям инвалидов и физически ослабленных лиц. Создание для инвалидов доступной среды жизнедеятельности должно отражаться на благоустройстве и проектировании.

В составе пригородных зон формируются зеленые зоны, включающие загородные парки, лесопарки, рекреационные леса и водоемы, комплексно выполняющие рекреационные и средорегулирующие функции и обеспечивающие экологическую устойчивость системы «город – пригород».

Оптимальная площадь ландшафтно-рекреационных, охраняемых природных территорий и естественных экосистем в составе пригородных зеленых зон – 40–60% от общей площади зеленой зоны.

Исторический контекст.

В 1937 г. в окружении Минска, в радиусе 25–30 км от центра города, были законодательно установлены границы зеленой зоны, предназначенной сохранить пригородные леса и создать территории массового загородного отдыха минчан.

Важное значение имело обводнение города и создание искусственных водоемов в городе и пригородных зонах отдыха. Особенность Минска в том, что он расположен на территории с относительно бедными природно-ландшафтными ресурсами – на возвышенности, разделяющей бассейны Балтийского и Черного морей, на которой имеются лишь малые реки и ручьи.

Современные проекты благоустройства.

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 18 февраля 2025 г. № 97 утвержден республиканский план мероприятий по проведению в 2025 году Года благоустройства.

В план включено 47 наименований мероприятий, в том числе:

озеленение (посадка деревьев, кустарников, цветов, обустройство газонов);

ремонт улично-дорожной сети;

обеспечение надлежащего функционирования систем питьевого водоснабжения;

освещение улиц, объектов социального и культурно-бытового назначения.

Экологические инициативы.

Мы провели опрос среди студентов 2-3 курсов строительного факультета и выяснили, с чем же студенты связывают понятие комфортности проживания в г. Минске. Судя по результатам опроса, наиболее важным аспектом комфортности проживания в г. Минске является развитая инфраструктура. Также жителей г. Минска волнует уровень безопасности, чистота и благоустройство города. А для улучшения комфортности проживания победила идея увеличения количества парков и зелёных зон.

Необходимо вести поэтапную модернизацию и обновленное развитие пригородных туристско-рекреационных территорий, благоустройство загородных парков, лесопарков, пляжей, мест купания; поддерживать комфортные условия пребывания горожан, включая физически ослабленных лиц; обеспечивать экологическую устойчивость пригородных ландшафтов, не допуская превышения допустимых рекреационных нагрузок.

В качестве предложений по благоустройству озелененных пространств рассмотрим проект по созданию креативного пространства острова Комсомольцев, разработанный студентами 5 курса Архитектурного факультета БНТУ.

При формировании общей концепции каждый парк должен выделяться какой-то основной, главной функцией с подключением второстепенных, сопутствующих функций. Это может быть парк активных видов спорта, научно-познавательный, экологический парк, парк цветов, выставочный и другие

Активизация использования общественных пространств может быть достигнута созданием городских огородов, что особенно актуально для заброшенных территорий в парках и скверах. Дополнительное озеленение городских пространств с привлечением инициативы жителей (создание городских огородов, зеленых крыш, мини-садов) является актуальным и для Минска. Городские огороды могут находиться на крышах жилых домов, на террасах, во дворах, на крышах стоянок и гаражей.

Создание подобных огородов эффективно с различных точек зрения:

экономической: стимуляция местной экономики, рост количества рабочих мест, улучшение привлекательности района;

экологической: биоразнообразие (новые места произрастания различных видов флоры и фауны), повышение экологической грамотности и ответственности у населения;

социальной: создание местного локального сообщества, вовлеченность всех возрастных групп;

образовательной: агрокультурное образование, сближение с природой.

В дипломном проекте Павловой Александры (выпускницы БНТУ) предусматривались территории, которые могут использоваться или как городские огороды, или как социально активные общественные территории местного значения.

Заключение

Крупные города и окружающие их пригородные территории являются единым территориальным образованием, где тесно переплетены социальные, экономические, экологические интересы и взаимосвязи. Они должны проектироваться, формироваться, развиваться и управляться как единый территориально-хозяйственный комплекс.

Пригородные туристско-рекреационные территории должны включать разнообразные объекты приема и обслуживания жителей и гостей города (туристов и экскурсантов), обеспечивающие широкий выбор мест проведения свободного времени и рекреационных занятий.

Необходимо постоянное обновленное развитие и модернизация пригородных туристско-рекреационных территорий, поддержание высокого уровня их благоустройства, обеспечение безопасных и комфортных условий пребывания горожан и туристов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Официальный сайт министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minpriroda.gov.by>. – Дата доступа: 07.04.2025;

2. Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org>. – Дата доступа: 07.04.2025;
3. ЭУМК по учебной дисциплине «Основы экологии» для студентов специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство». – Режим доступа: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/81387/Osnovy_ekologii.pdf?sequence=1&isAllowed=y. – Дата доступа: 07.04.2025.

НОВАЦИИ В САМООБЕСПЕЧЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИЕЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Навроцкая А.В.

(научный руководитель – Уласик Т. М.)

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Аннотация. В условиях глобальных изменений климата и необходимости перехода к устойчивому развитию, новации в области самообеспечения энергией зданий и сооружений становятся всё более актуальными. Данная работа посвящена анализу современных технологий и подходов, направленных на создание энергонезависимых зданий, при возведении которых предусмотрены устройства для производства необходимого количества энергии за счёт использования возобновляемых источников энергии.

Введение. Что представляют собой энергонезависимые здания?

Концепция энергонезависимых зданий становится всё более актуальной в свете глобальных усилий по снижению углеродного следа и уменьшению зависимости от ископаемых источников энергии. Энергонезависимые здания, также известные как "нульэнергетические" или автономные в плане энергообеспечения, представляют собой конструкции, которые генерируют равное количество энергии, которое потребляют, благодаря использованию возобновляемых источников, таких как солнечная и ветровая энергия, а также современным системам энергоэффективности. Этот подход не только минимизирует негативное воздействие на природу, но и способствует разработке экономически эффективных и высокоэффективных строительных решений.

Виды энергонезависимых зданий

– Пассивный дом. Такое здание не находится на полном самообеспечении и потребляет некоторое количество энергии из общих сетей. В таком доме применяются различные энергоэффективные решения, но он не автономен полностью.

– Активный дом. Этот тип здания не просто функционирует на собственной энергии, но и вырабатывает ее больше, чем ему необходимо. Такой дом способен отдавать выработанную энергию в центральную сеть, принося своим хозяевам дополнительный доход.

Рисунок 1. Виды энергонезависимых зданий



Дом с нулевым энергопотреблением не только должен обеспечивать себя необходимой электроэнергией, но и быть построен с применением энергоэффективных решений, которые позволяют снизить потребление электричества.

Пропеллерные ветряные электростанции

В европейских странах производство электроэнергии на основе возобновляемых источников (ВИЭ) в значительной степени осуществляется с помощью ветряных установок,

преимущественно традиционных пропеллерных систем, и занимает всё более значимую долю в общем объёме энергии, используемой в зданиях различного назначения, как в городах, так и в промышленных зонах. Развитие ветроэнергетики в Беларуси осуществляется на базе западных пропеллерных ветряных электростанций (ВЭС) и ветропарков, которые функционируют по централизованной модели снабжения потребителей. Эти ветропарки, как и традиционные ТЭЦ, АЭС и ГЭС, расположены на значительном расстоянии от потребителей и подключены к ним через линии электропередач и подстанции. В Беларуси уже функционирует 112 ветроэнергетических установок, среди которых выделяется самая высокая в СНГ установка, расположенная вблизи деревни Асмоловичи Мстиславского района Могилевской области. Эта установка имеет мощность 3,4 МВт, высоту мачты 142 метра и размах лопастей 136 метров.

Подземное аккумулирование тепла и холода

В последние годы широкое распространение получили установки подземного аккумулирования тепла и холода в водоносных пластах. Подземное аккумулирование тепловой энергии позволяет реализовать летнее охлаждение с помощью зимнего холода, а зимний подогрев – с помощью летнего тепла. Такие установки позволяют сэкономить порядка 50-75 % эксплуатационных затрат на тепло- и холодоснабжение по сравнению с традиционными установками. Аккумулирование тепловой энергии в подземных водоносных пластах (Aquifer Thermal Energy Storage - ATES) — это новая нетрадиционная энергосберегающая технология для тепло- и холодоснабжения. Однако для этого требуется большое количество тепла и холода и, следовательно, большие объёмы для аккумулирования. Поэтому создание специальных резервуаров для хранения теплоносителя с аккумулированным теплом требует больших затрат и сложно с технической стороны. В то же время, подземные водоносные пласты, которые насыщены очень медленно текущей водой и имеют достаточную ёмкость и изоляцию для хранения тепловой энергии, могут быть средой, подходящей для долгосрочного аккумулирования различных температур.

Гидроэнергетика Беларуси

Ещё один пример, о котором упоминалось ранее, – это гидроэлектростанции. Всего в Беларуси 52 гидроэлектростанции. Их установленная электрическая мощность – 96,2 МВт. Крупнейшие – Витебская и Полоцкая ГЭС. В 2022 году ими суммарно выработано 236 млн кВт.ч электроэнергии, что позволило сэкономить свыше 75 тыс. тонн условного топлива. Эффективность гидроэлектростанций напрямую зависит от их низкой стоимости производства электроэнергии по сравнению с тепловыми, атомными или другими электростанциями, которые используют возобновляемые ресурсы (солнечные, ветровые, геотермальные). Данная выгода заключается в том, что водные ресурсы используются практически бесплатно, а строительство сооружений не требует больших затрат, так как они являются крупнейшими в мире. Кроме того, они просты в эксплуатации, что позволяет использовать их без значительных трудовых затрат.

Эволюция и перспективы солнечной энергетики

Самый крупный сектор мировой электроэнергетики – это отрасль солнечных батарей. В десятку мировых стран-лидеров по внедрению проектов в области гелиоэнергетики давно входит Китай. В 2020 году годовая мощность электростанций, функционирующих за счет энергии Солнца, в КНР составила 28 330 МВт. В лидерах также Япония (годовая выработка — 23 409 МВт), Италия (18 622), США (18 317 МВт).

И на первый взгляд кажется, что перспективы развития гелиоэнергетики в нашей стране весьма маловероятны, так как в Беларуси всего от 30 до 40 солнечных дней в году. Однако в реальности дело обстоит иначе. Даже в условиях облачности солнечные панели способны улавливать рассеянный свет, необходимый для выработки электроэнергии. Батареи функционируют и в полную луну: достигается около 2–3% мощности.

Отрасль солнечной энергетики формировалась в течение последних десятилетий. За 50 лет стоимость производства электроэнергии на таких установках снизилась более чем в 1000 раз. Первостепенную роль в этом сыграл экономический эффект масштаба: чем больше развитые страны вкладывали инвестиций в новое направление, тем существеннее уменьшалась цена.

Заключение

Энергонезависимые здания являются важным элементом устойчивого развития, предлагая эффективные решения для снижения воздействия на окружающую среду и увеличения энергоэффективности. Стандарты, разрабатываемые в этой области, создают прочную основу для будущего строительства и формирования энергетически независимых городов. Растущее внимание к энергоэффективности и внедрение новых технологий также способствуют снижению затрат на эксплуатацию зданий и обеспечивают более высокий уровень комфорта для их пользователей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Подземное аккумулирование тепла и холода в водоносных слоях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=148. – Дата доступа: 14.04.2025.;
2. Гидроэлектростанция (ГЭС): что такое, отличие от ТЭЦ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gktex.ru/info/gidroelektrostantsii/>. – Дата доступа: 14.04.2025.;
3. Энергетическая эффективность зданий и сооружений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://energoeffect.gov.by/news/news-2024/20241022_news1. – Дата доступа: 14.04.2025.;
4. Энергонезависимые здания и Умный дом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.intelliger.ru/energonezavisimyie-zdaniya-i-umnyij-dom.html>. – Дата доступа: 14.04.2025.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Врублевская В.А., Тутина Е.Р.

(научный руководитель – Уласик Т.М.)

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Аннотация. В данной статье рассматриваются различные методы очистки воды, защита водных ресурсов, польза и геологический контекст.

Введение

Вода – важнейший ресурс, определяющий существование жизни на Земле. Однако, доступ к чистой и безопасной воде становится все более актуальной проблемой. Геология играет ключевую роль в формировании водных ресурсов и понимании процессов их загрязнения. В данной статье рассмотрим современные технологии очистки воды, уделяя особое внимание артезианской воде и методам очистки в бытовых условиях.

Основная часть

Артезианская вода: польза, состав и геологический контекст

Артезианская вода – это подземная вода, заключенная в водоносных слоях, расположенных между водоупорными слоями. Благодаря гидростатическому давлению, артезианская вода может самоизливаться на поверхность земли, если скважина пробурена до водоносного горизонта.

Геологический контекст

Формирование артезианских бассейнов – сложный геологический процесс, зависящий от структуры горных пород, наличия водоупорных слоев и источников питания. Геологическое строение местности определяет состав и качество артезианской воды. Артезианская вода часто считается более чистой, чем поверхностные воды, поскольку она защищена от загрязнения водоупорными слоями. Однако, это не означает, что она всегда идеально чистая и полезная.

Состав артезианской воды

Состав артезианской воды зависит от геологических пород, через которые она проходит. Она может содержать:

1. Минералы: кальций, магний, натрий, калий, железо, фтор и другие. В умеренных концентрациях они полезны для организма.
2. Растворенные газы: кислород, углекислый газ, сероводород (в некоторых случаях).
3. Органические вещества: гуминовые кислоты (в небольших количествах).
4. Загрязнители: тяжелые металлы, радионуклиды, нитраты и нитриты, бактерии и вирусы.

Прежде чем употреблять артезианскую воду, необходимо провести ее анализ на соответствие санитарным нормам. Даже если вода кажется чистой и прозрачной, она может содержать опасные загрязнители.

Методы очистки воды в бытовых условиях

Современные методы очистки воды позволяют удалять из воды различные загрязнители и делать ее безопасной для питья и бытовых нужд. В бытовых условиях наиболее распространены следующие методы:

1. Кипячение: самый простой и доступный способ обеззараживания воды. Кипячение убивает большинство бактерий и вирусов, но не удаляет химические загрязнители.

2.Отстаивание: позволяет удалить из воды взвешенные частицы (песок, глину). Воду отстаивают в течение нескольких часов, после чего аккуратно сливают верхний слой, оставляя осадок на дне.

3.Фильтрация: механические фильтры удаляют взвешенные частицы, ржавчину, песок. Угольные фильтры адсорбируют хлор, органические вещества, улучшают вкус и запах воды. Ионообменные фильтры смягчают воду, удаляя соли жесткости (кальций и магний).

Иные современные технологии очистки воды

Помимо бытовых методов, существуют промышленные и муниципальные технологии очистки воды, применяемые для подготовки питьевой воды и очистки сточных вод:

1.Коагуляция и флокуляция

Используются для удаления взвешенных частиц из воды. Коагулянты (например, соли алюминия или железа) добавляются в воду, образуя хлопья, которые захватывают загрязнители. Флокуляция – процесс укрупнения хлопьев для облегчения их осаждения.

2.Озонирование

Озон – мощный окислитель, используемый для обеззараживания воды и удаления органических веществ.

3.Мембранные технологии

Микрофильтрация и ультрафильтрация удаляют бактерии, вирусы и взвешенные частицы. Нанофильтрация удаляет органические вещества и соли жесткости.

4.Биологическая очистка

Используется для очистки сточных вод от органических веществ с помощью микроорганизмов.

Геологические аспекты защиты водных ресурсов

Защита водных ресурсов от загрязнения – важная задача, требующая учета геологических факторов:

1. Оценка уязвимости водоносных горизонтов: определение степени защищенности водоносных горизонтов от загрязнения на основе геологического строения местности, глубины залегания водоносных слоев, наличия водоупорных слоев.

2. Мониторинг качества подземных вод: регулярный отбор и анализ проб воды из скважин и родников для выявления источников загрязнения и контроля эффективности мер по защите водных ресурсов.

3. Разработка и внедрение мер по предотвращению загрязнения: ограничение хозяйственной деятельности в зонах санитарной охраны водозаборов. Правильное проектирование и эксплуатация скважин. Контроль за использованием удобрений и пестицидов в сельском хозяйстве. Очистка сточных вод перед сбросом в водоемы.

Заключение

Современные технологии очистки воды позволяют получать чистую и безопасную воду для различных нужд. Понимание геологических процессов, формирующих водные ресурсы, необходимо для выбора оптимальных методов очистки и защиты водных источников от загрязнения. Комплексный подход, включающий анализ качества воды, использование эффективных методов очистки и реализацию мер по защите водных ресурсов, является залогом устойчивого водоснабжения и здоровья населения. Важно помнить, что чистая вода – это не только вопрос технологий, но и вопрос ответственного отношения к окружающей среде и будущим поколениям

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС и АЭС : В62 учебно-методическое пособие по курсовому и дипломному проектированию для студентов специальностей 1-43 01 04 «Тепловые электрические станции», 1-43 01 08 «Паротурбинные установки атомных электрических станций» / В. А. Чиж [и др.]. – Минск : БНТУ, 2015. – 105 с.;

2. Разделение и очистка мембранными, обменными и электрохимическими методами : учебное пособие / Л.И. Дорофеева – Томск: издательство Томского политехнического университета. - 2008 - 111 с.;
3. СТО 70238424.27.100.031-2009 “ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ВОДНО-ХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ТЭС. УСЛОВИЯ ПОСТАВКИ. НОРМЫ И ТРЕБОВАНИЯ” / ОАО «ВТИ» - Москва: СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ НП «ИНВЭЛ». - 2009.

ОЦЕНКА СКОРОСТИ РАЗВИТИЯ ОСАДКИ ПОД ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТОЙ ЗДАНИЯ

*Сацута С. В., Бышовец В. В.
(научный руководитель – Бойко И.Л.)*

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Введение. Расчёт выполнялся с использованием метода конечных элементов в программе GEO5. Для начала нам требуется определить физико-механические характеристики грунтов используемых в решении задачи.

Примечание: из-за демоверсии программы, мы будем рассматривать развитие осадки насыпи без фундаментной плиты, а только под собственным весом.

Следовательно:

	γ [кН/м ³]	E [МПа]	ν [-]	Φ_{eff} [°]	C_{eff} [кПа]	$k_{x,sat}$ [м/день]	$k_{y,sat}$ [м/день]
Глинистый грунт	18,5	10	0,4	28	15	10^{-5}	10^{-5}
Песчаный грунт	19,5	30	0,3	33	2	10^{-2}	10^{-2}
Насыпь	20	30	0,3	30	10	10^{-2}	10^{-2}

Подбор геометрии.

Перед тем, как задавать какие либо характеристики будущим грунтам, нам необходимо обозначить контуры насыпи и последующих грунтов. Для этого во вкладке “Граничные условия”, мы создаем контуры для последующей работы с ними.

Физические характеристики.

В разделе «Грунты» мы вводим физические характеристики песка, глины и насыпи для дальнейшего расчета.

Сетка КЭ.

В связи с тем, что в горизонтальном направлении модель достаточно велика, имело смысл увеличить размер элементов вблизи границ модели, где не ожидается значительных деформаций.

Проектирование модели.

1. В первом этапе проектирования мы задали уровень грунтовых вод и порового давления. Для этого во вкладке Вода, мы обозначаем уровень протекания грунтовых вод. В нашем случае это 1 метр от поверхности. Далее нам необходимо задать граничные условия с помощью линейных опор, которые генерируются автоматически. После чего мы можем произвести первый расчет наших грунтов без насыпи.

2. На втором этапе проектирования моделируется устройство насыпи путем активации этой области во вкладке Активация. В отличие от первого этапа, где проводится только механический расчет, на втором этапе необходимо установить также гидравлические граничные условия. Они вводятся во вкладке Линии фильтрации. Здесь следует выбрать проницаемые граничные условия для всех границ, так как ничто не препятствует течению грунтовых вод в модель или из нее. Во вкладке Расчет устанавливается продолжительность этапа 7 дней и выполняется расчет. Хорошо видно, что поровое давление под насыпью увеличилось. Увеличенное поровое давление воспринимает часть приращения вертикального напряжения, возникшего вследствие возведения насыпи. Увеличенное поровое давление перераспределится на последующих этапах, что вызовет дополнительную осадку без увеличения вертикальной нагрузки.

3. На последующих этапах 3, 4 и 5 выполняется расчет распределения перемещений и поровых давлений для периодов 30 дней, 365 дней и 3650 дней после устройства насыпи. Геометрия, материал и нагрузка остается без изменений. Прежде, чем проводить расчет, устанавливается длительность каждого этапа. Длительности этапов суммируются, поэтому для этапа 3 устанавливается длительность 23 дня, для этапа 4 - 335 дней, для этапа 5 - 3285 дней, соответственно.

Результаты.

Результаты, полученные на этапах 2 - 5 показывают, что поровое давление рассеивается в течение первой недели после возведения насыпи. Максимальные значения осадки насыпи представлены в таблице ниже.

Время	7 дней	30 дней	1 год	10 лет
Осадка	28,6 мм	31,1 мм	37,1 мм	37,2 мм

Из распределения порового давления следует, что через 1 год после возведения насыпи уровень грунтовых вод возвращается к исходному уровню. Поровое давление полностью рассеивается, и осадка можно считаться стабилизированной.

ПРИМЕНЕНИЕ СВАЙ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ОПОЛЗНЕОПАСНЫХ СКЛОНОВ

Бартошевич А.В., Семенович А.В.

(научный руководитель – Бойко И.Л.)

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Аннотация: В данной статье рассматривается применение стабилизирующих свай для откосов, подверженных оползням.

Введение:

Стабилизирующие сваи используются для стабилизации больших оползней. Эта конструкция похожа на стену из свай, которая полностью (или почти полностью) находится в теле откоса. Данная свайная стена пересекает поверхность скольжения и способствует удержанию от сползания. Обычно сваи круглого или квадратного сечения большой площади.

Разделим расчет свай на две части: решение вопроса общей устойчивости откоса и проектирование свай с последующей их проверкой.

Задача и исходные данные: проектирование и анализ стабилизации откоса с дорогой с использованием стабилизирующих свай (Рис.1).

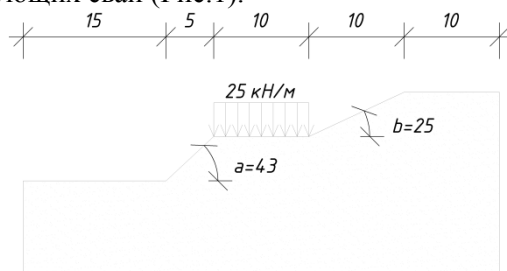


Рисунок 1 – Исходная схема.

Коэффициент запаса склона принимаем $SF=2,0$. Стабилизация рассматривается как постоянная проектная ситуация. Пригрузка от дороги имеет величину 25 кН/м^2 . Геотехнические характеристики грунта (Табл.1).

Вид	Удельный вес γ , кН/м ³	Угол внутреннего трения φ , °	Сцепление c , кПа	Удельный вес водонасыщенного грунта γ_{sat} , кН/м ³
Песок средней крупности	16,3	35	0,5	17,2

Таблица 1 – Характеристики грунта

Решение: моделируем задачу в программном комплексе GEO5 – Устойчивость откоса. Выставляем необходимые настройки: коэффициент запаса $SF_s = 2,0$; задаем диапазон и моделируем границы рельефа через координаты; задаем грунт и привязываем его к геологическому слою; создаем постоянную полосовую пригрузку дороги 25 кПа ; задаем постоянную проектную ситуацию.

Для оптимизации круглоцилиндрической поверхности скольжения выбираем метод Спенсера. Решая проблему общей устойчивости, ведем совместный анализ верхнего и нижнего откосов, для чего создадим ограничительные линии (Рис.2).

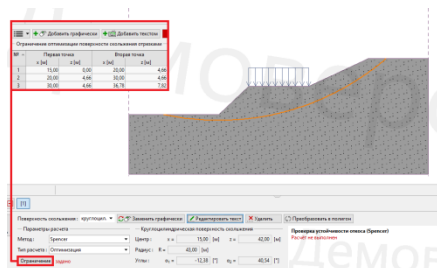


Рисунок 2 – Ввод ограничений.

Задать начальную форму поверхности скольжения можно произвольно. В процессе оптимизации будет найдено худшее положение (Рис.3).

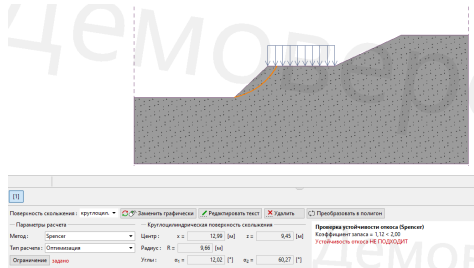


Рисунок 3 – Проведение расчета.

Добавляем в полученную ситуацию сваю с заданными характеристиками и производим расчет (Рис.4).

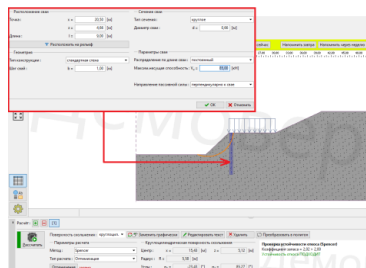


Рисунок 4 – Расчет с применением свай.

Очевидно, что использование стабилизирующих свай обеспечивает устойчивость откоса и теперь удовлетворяется требование к коэффициенту безопасности, который зависит от положения и формы поверхности скольжения.

Далее для текущего положения подберем размеры свай, запустив программу «Стабилизирующая свая» определения деформаций и внутренних усилий в свае. Задаем: во вкладке «Модуль Kh» метод расчета модуля реакции основания; во вкладке «Грунты» угол трения между грунтом и конструкцией $\delta=10^\circ$; во вкладке «Материал» – бетон C20/25 и продольную арматуру B500. Во вкладке «Определение давления» найдем автоматически вставленное значение активных и пассивных сил и глубину поверхности скольжения.

После проводим расчет и переходим на вкладку «Подбор размеров» (Рис.5).

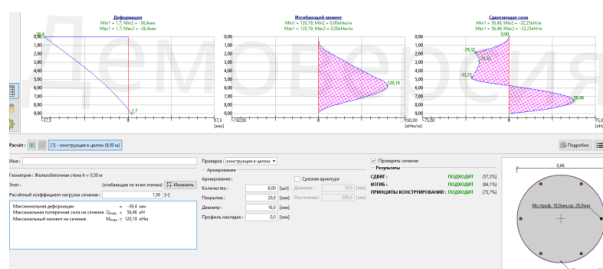


Рисунок 5 – Вкладка «Подбор размеров».

Запроектированная нами свая соответствует всем требованиям. В диалоговом окне «Подробно» максимальная несущая способность сваи равна 98,56 кН при заданной нами 85,0 кН (Рис.6).

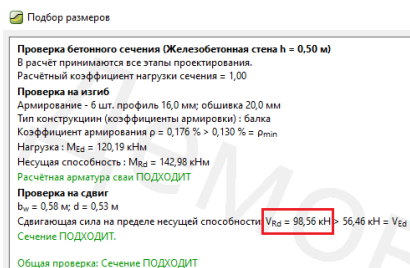


Рисунок 6 – Максимальная несущая способность сваи.

Проверим реальный коэффициент устойчивости откоса. Для этого заменим в нашей расчетной ситуации значение $V_u = 85$ кН на $V_u = 98,56$ кН (Рис.7).

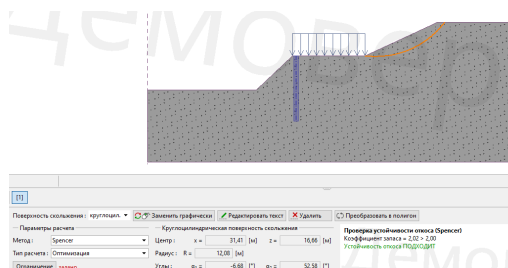


Рисунок 7 – Расчет реальной несущей способности.

Заключение: Требуемый коэффициент безопасности был $SF=2,0$. Мы увеличили коэффициент устойчивости откоса с помощью стабилизирующих свай от $SF = 1,12$ до $SF=2,02$. Конструкция сваи удовлетворительная.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Программный комплекс GEO5. Режим доступа: <https://www-finesoftware.ru-geotekhnicheskikh-raschetov-demo-versiya> ;
2. Инженерные руководства GEO5. Режим доступа: <https://www-finesoftware.ru-geotekhnicheskikh-raschetov-demo-versiya> .

ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ГРУНТОВОЙ ВОДЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ УГОЛКОВЫХ ПОДПОРНЫХ СТЕН

Мордич И. И., Денисович Д. В., Бобко И. Л.

(научный руководитель – Бойко И. Л.)

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Аннотация.

Подпорная стена — это строительное сооружение, которое удерживает грунтовую массу от обрушения при перепадах планировочных отметок. Высокая ответственность таких конструкций обусловлена большими нагрузками земляных масс и требует знания технологии их возведения. Важное влияние на устойчивость угловых подпорных стен оказывает уровень грунтовых вод со стороны более высокой отметки. В данной работе исследуется этот вопрос и делаются выводы по оптимальным размерам и армированию подпорных стен при разном уровне залегания грунтовых вод.

Общие сведения об угловых подпорных стенах.

Конструкции тонкостенных угловых подпорных стен углового типа приведены на рисунке 1.

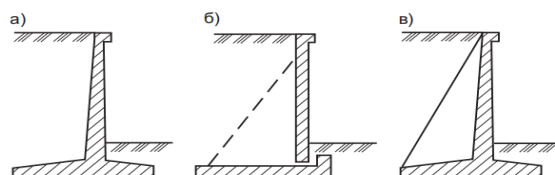


Рисунок 1. Тонкостенные подпорные стены углового типа:

а — консольная; б — с анкерными тягами; в — контрфорсная.

По способу изготовления тонкостенные угловые подпорные стены всех типов могут быть монолитными, сборными и сборно-монолитными.

Расчёт.

Подпорные стены следует рассчитывать по двум группам предельных состояний.

Первая группа (по несущей способности) предусматривает выполнение расчетов:

- по устойчивости положения стены против сдвига и прочности грунтового основания;
- по прочности элементов конструкций и узлов соединений.

Вторая группа (по пригодности к эксплуатации) предусматривает проверку:

- оснований на допустимые деформации;
- элементов конструкций на допустимые величины раскрытия трещин. Данный расчет ведется по первой группе

Рассмотрены три случая в разных грунтах. Исходные данные сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Исходные данные по виду грунтов.

№ п/ п	Наименование грунта	Удельный вес, γ , кН/м ³	Модуль деформации , E_{def} , МПа	Сцеплени е, C_{ef} , кПа	Коэффициент Пуассона, ν	Угол внутреннего трения, φ_{ef} , °
1	Песок однородный	18,5	35	0	0,28	33,5
2	Супесь, глинистый песок	18	15	5	0,30	29
3	Гравелистый песок	19	80	4	0,30	32,5

Общий вид угловой стены представлен на рисунке 2.

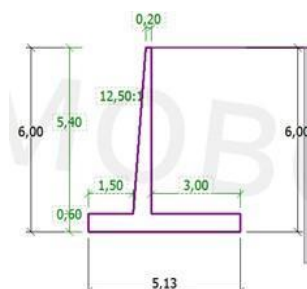


Рисунок 2. Общий вид угловой стены

В результате расчёта в программе «GEO5» получены следующие результаты, которые представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты расчёта

№ грунта Вид арматуры	Уровень грунтовых вод					
	1 м	2 м	3 м	4 м	5 м	6 м
1	Песок однородный					
Передняя арматура	Не нужна	Не нужна	Не нужна	Не нужна	Не нужна	Не нужна
Задняя арматура	1324,9 мм ²	1165,5 мм ²	1077,6 мм ²	1039,6 мм ²	1030,4 мм ²	1030,2 мм ²
Арматура на уступе	728 мм ²	728 мм ²	728 мм ²	728 мм ²	728 мм ²	728 мм ²
Арматура на подошве	915,3 мм ²	775,3 мм ²	728 мм ²	728 мм ²	728 мм ²	728 мм ²
Устойчивость откоса	Нет	Да	Да	Да	Да	Да
2	Супесь, глинистый песок					
Передняя арматура	Не нужна	Не нужна	Не нужна	Не нужна	Не нужна	Не нужна
Задняя арматура	1324,9 мм ²	1165,5 мм ²	1077,6 мм ²	1039,6 мм ²	1030,4 мм ²	1030,2 мм ²
Арматура на уступе	728 мм ²	728 мм ²	728 мм ²	728 мм ²	728 мм ²	728 мм ²
Арматура на подошве	915,3 мм ²	775,3 мм ²	728 мм ²	728 мм ²	728 мм ²	728 мм ²
Устойчивость откоса	Нет	Да	Да	Да	Да	Да
3	Гравелистый песок					
Передняя арматура	Не нужна	Не нужна	Не нужна	Не нужна	Не нужна	Не нужна
Задняя арматура	1324,9 мм ²	1165,5 мм ²	1077,6 мм ²	1039,6 мм ²	1030,4 мм ²	1030,2 мм ²
Окончание таблицы 2.						
Арматура на уступе	728 мм ²	728 мм ²	728 мм ²	728 мм ²	728 мм ²	728 мм ²
Арматура на подошве	915,3 мм ²	775,3 мм ²	728 мм ²	728 мм ²	728 мм ²	728 мм ²
Устойчивость откоса	Нет	Да	Да	Да	Да	Да

Выводы.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости увеличения арматуры при более высоком залегании грунтовых вод со стороны более высокой отметки грунта. Также следует обратить внимание на отсутствие устойчивости откоса при уровне грунтовых вод 1 м. Этот вопрос можно решить увеличением длины подошвы в заднюю сторону стены (рисунок 3).



Рисунок 3. Размеры стены при уровне грунтовых вод 1 м.

Заключение.

В ходе исследования изучено влияние уровня грунтовых вод на прочность и устойчивость угловых подпорных стен и сделаны рекомендации по их обеспечению.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ТКП 45-5.01-237-2011(02250) Основания и фундаменты зданий и сооружений. Подпорные стены и крепления котлованов. Правила проектирования и устройства.;
2. С. Д. Семенюк, Ю. Н. Котов. Железобетонные подпорные стены. Вестник Белорусско-Российского университета. 2018. № 4(61).

УЧЁТ ОПОЛЗНЕВЫХ ЯВЛЕНИЙ ПРИ РАСЧЁТАХ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ

*Липницкая К.В., Мастяница Я.А.
(научный руководитель – Бойко И.Л.)
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

В данном докладе мы выполним расчёт устойчивости откоса с гравитационной подпорной стеной.

Учет оползневых явлений при расчетах устойчивости откосов является критически важным для обеспечения безопасности и долговечности инженерных сооружений, а также для предотвращения катастрофических последствий оползней. Оползневые явления могут серьезно изменить параметры грунта, геометрию откоса и гидрогеологические условия, что, в свою очередь, влияет на его устойчивость. Для решения задачи используется программа GEO5 “Устойчивость откоса”

Рассмотрим 3 расчёта:

Оптимизация круглоцилиндрической поверхности скольжения (Бишоп)

Проверка устойчивости откоса различными методами

Оптимизация полигональной поверхности скольжения (Спенсер)

Расчёт 1 - круглоцилиндрическая поверхность скольжения. В связных грунтах поверхности скольжения вращения встречаются чаще всего. Они моделируются круглоцилиндрическими поверхностями. Поверхность используется для определения областей предельного равновесия в рассматриваемом откосе. Для несвязных грунтов при оценке устойчивости откоса следует также выполнять расчет методом полигональных поверхностей. Оптимизация заключается в определении круглоцилиндрической

поверхности скольжения с наименьшей устойчивостью – критической поверхности.

Оптимизация круглоцилиндрических поверхностей в программе «Устойчивость откоса» рассматривает весь откос в целом и очень надежна. Таким образом может быть получен одинаковый результат независимо от начального положения поверхности. Степень устойчивости для критической поверхности скольжения, полученная методом Бишопа, Удовлетворительна.

Расчёт 2 – сопоставление различных методов расчёта.

С использованием данной процедуры расчеты поверхности скольжения каждым из методов соотносятся с критической поверхностью скольжения из предыдущего шага расчета с использованием метода Бишопа. Для лучшего результата пользователю следует выбрать метод и выполнить оптимизацию поверхности скольжения. Выбор метода расчета зависит от опыта пользователя. Наиболее популярными методами являются методы отсеков, среди которых чаще других используется метод Бишопа. Данный метод дает консервативный результат.

Для закрепленных или заанкеренных откосов предпочтительны прочие точные (строгие). Эти более строгие методы удовлетворяют условиям устойчивости и лучше описывают поведение реального откоса. Не требуется (и неправильно) выполнять расчет откоса всеми доступными методами.

Например, шведский метод Феллениуса-Петерсона дает очень консервативный результат, и коэффициент запаса может оказаться нереалистично низким. Однако, так как данный метод хорошо известен и в некоторых странах обязателен при расчете откосов, он также включен в программный комплекс GEO5.

Расчёт 3 – Полигональная поверхность скольжения. Оптимизация полигональной поверхности скольжения — это последовательный процесс, зависящий от положения начальной поверхности скольжения.

Это означает, что предпочтительнее выполнить несколько расчетов с различными начальными поверхностями скольжения и различным количеством сегментов. Оптимизация полигональной поверхности скольжения также зависит от локальных минимумов коэффициента устойчивости. Это означает, что необходимо найти фактическое положение критической поверхности. Иногда эффективнее для пользователя бывает задать исходное положение полигональной поверхности, близкое по форме и положению к оптимизированной круглоцилиндрической поверхности.

Заключение

Устойчивость откоса после оптимизации составила:

Бишоп (круглоцилиндрическая поверхность - оптимизация: $SF=1,53 > SF=1,5$

УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО

Спенсер (полигональная поверхность - оптимизация): $SF=1,51 > SF=1,5$

УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО

Проектируемый откос с массивной подпорной стенкой удовлетворяет требованиям устойчивости

В заключение, учет оползневых явлений при расчетах устойчивости откосов требует комплексного подхода, включающего детальные инженерно-геологические изыскания, анализ причин оползней, выбор адекватной расчетной схемы, учет гидрогеологических факторов и применение эффективных мероприятий по стабилизации откосов. Это позволяет обеспечить безопасность и долговечность инженерных сооружений, а также предотвратить катастрофические последствия оползней.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. [Расчет осадок фундамента методом послойного суммирования \(spravochnik.ru\)https://pstu.ru/files/2/file/adm/SPG/Zolotozybov_D.G._Osnovaniya.pdf.](https://pstu.ru/files/2/file/adm/SPG/Zolotozybov_D.G._Osnovaniya.pdf)
2. [Практические методы расчёта осадок оснований фундаментов во времени - Механика грунтов \(studizba.com\);](http://studizba.com)
3. [Расчет устойчивости откоса Программа: Устойчивость откоса; Файл: Demo_manual_08.gst.](#)

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МОДУЛЯ ДЕФОРМАЦИИ ГРУНТА В ОСНОВАНИИ ФУНДАМЕНТА НА ВЕЛИЧИНУ ОСАДКИ ПЛИТНЫХ СТОЛБЧАТЫХ ФУНДАМЕНТОВ

Пузанова А.С., Богурин М.А.
(научный руководитель – Бойко И.Л.)

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Аннотация

Как правило, модуль деформации принимается равным 20 МПа. Однако в действительности он может принимать разные значения. От чего же зависит модуль деформации и какое влияние имеет его величина?

Цели: 1. определить влияние изменения модуля деформации грунта в основании фундамента на величину осадки плитных столбчатых фундаментов.

2. определить влияние изменения модуля деформации грунта в зависимости от размеров их подошвы.

Введение

$$E = (1 - \nu^2) * K_p * K_1 * D * \frac{\Delta P}{\Delta S} \quad (1)$$

где ν - коэффициент, поперечного расширения (Пуассона), принимаемый равным 0,27 для крупнообломочных грунтов; 0,30 – для песков и супесей; 0,35 – для суглинков; 0,42 для глин;

K_p – коэффициент, принимаемый в зависимости от заглубления штампа $\frac{h}{D}$ (h - глубина расположения штампа относительно дневной поверхности грунта, см; D - диаметр штампа, см);

K_1 – коэффициент, принимаемый для жесткого круглого штампа равным 0,79;

ΔP – приращение давления на штамп, МПа, равное $P_n - P_0$;

ΔS – приращение осадки штампа, соответствующее ΔP , см.

Для упрощения последующих вычислений запись $(1 - \nu^2) * K_p * K_1 * D$ примем равной некоторому коэффициенту K . Таким образом, $K = (1 - \nu^2) * K_p * K_1 * D = 57,35$.

Основная часть

Для определения модуля деформации следует построить график зависимости осадки штампа от давления под его подошвой.

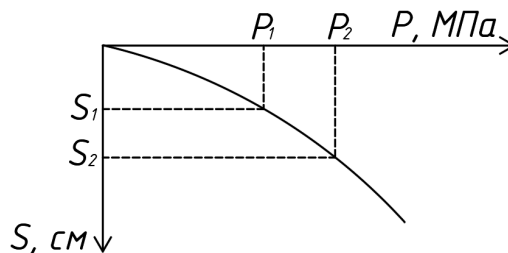


Рис. 1 График зависимости осадки штампа от давления $S = f(P)$

По данным графика можно создать небольшую таблицу и записать значения давления в выбранных точках и соответствующие им величины осадки штампа.

P, МПа	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
S, см	0	0,19	0,44	0,91	1,81	3,56

Табл.1 Определение величины осадки штампа по величине давления под подошвой фундамента

Подставляя в формулу (1) табличные значения, находим величину модуля деформации в зависимости от определенного давления:

$E_1 = 30,18 \text{ МПа}$, $E_2 = 26,07 \text{ МПа}$, $E_3 = 18,9 \text{ МПа}$, $E_4 = 12,67 \text{ МПа}$, $E_5 = 8,05 \text{ МПа}$.

Для удобства работы используем файл Excel. Рассмотрены будут различные размеры подошвы фундамента: 2×2 , 3×3 , 5×5 .

Для удобства сведем всю необходимую информацию в две таблицы. В табл. 1 модуль деформации принимается постоянным (20МПа), в табл.2 значения модуля деформации изменяются.

P, кПа	ΣS , мм		
	2×2	3×3	5×5
100	6	8	12
200	10	14	21
300	14	20	30
400	19	26	39
500	23	32	47

Табл.2 Результаты вычислений при постоянном модуле деформации

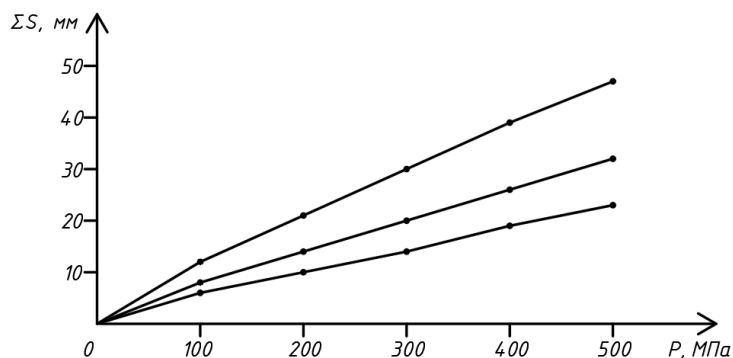


Рис. 2 График зависимости осадки штампа от давления при постоянном модуле деформации

P, кПа	ΣS , мм		
	2×2	3×3	5×5
100	4	6	8
200	8	11	16
300	15	22	32
400	29	41	61
500	56	80	117

Табл.3 Результаты вычислений при переменном модуле деформации

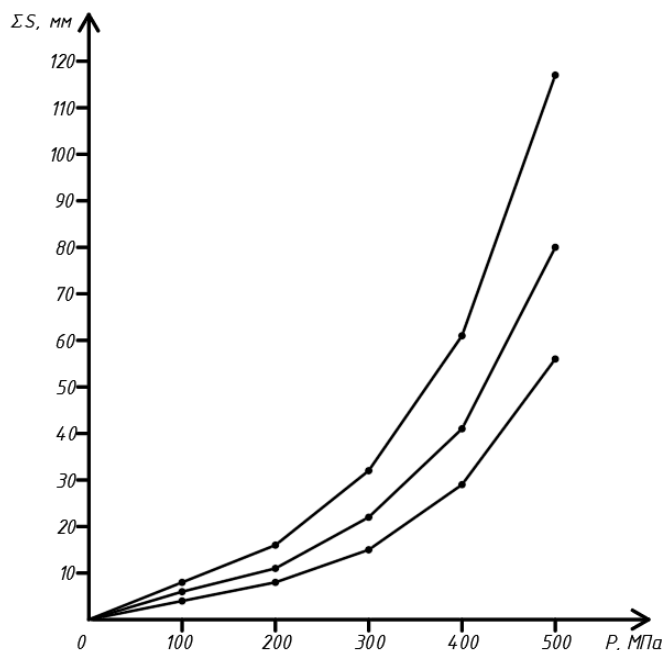


Рис. 3 График зависимости осадки штампа от давления при переменном модуле деформации

Проанализировав полученные результаты, можно заметить:

1. Принимая модуль деформации постоянным, значения осадки в некоторых случаях уменьшаются почти в 2 раза в сравнении со значениями при переменном модуле деформации.

Например, для фундамента размерами 2×2 значение при давлении 500 кПа и переменном модуле деформации равно 56, а при постоянном – 23, что на 58,9% меньше.

2. С увеличением размеров подошвы фундамента влияние переменного модуля на точность определения осадки остается неизменным.

Например, для фундамента размерами 5×5 значение при давлении 500 кПа и переменном модуле деформации равно 117, а при постоянном – 47, что на 59,8% меньше. Те же данные при тех же условиях для фундамента размерами 2×2 уже были изучены в предыдущем пункте. Вывод: закономерность сохраняется.

Заключение

Неучтенное изменение модуля деформации приводит к получению недостоверных значений осадок, что в свою очередь влечет перерасход материалов и удорожанию стоимости фундаментов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. В.А. Сернов, С.Н. Банников, В.Н. Кравцов, И.Л. Бойко, Моради Сани Б., А.П. Кремнев, Т.В. Тронда. Механика грунтов, основания фундаменты. Электронный учебно методический комплекс (часть 1) / БНТУ, строительный факультет, кафедра Геотехника и строительная механика, 2020. – 218 с.;

2. ГОСТ 20276-2012 Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШПУНТА ТИПА «ЛАРСЕН» ДЛЯ ОГРАЖДЕНИЙ КОТЛОВАНОВ

*Герасимёнок Д.О., Анимуцкий В.В., Жамоздик В.А.
(научный руководитель – Бойко И.Л.)
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Добрый день, мы сегодня расскажем и покажем на презентации как мы подбирали шпунт типа «Ларсен» для ограждение котлованов.

Примечание:

В связи решением нашей задачи на демоверсии расчетной программы GEO5, все расчеты приравнивались к определённому виду песка:

$$\varphi = 20^\circ, c = 5 \text{ кПа}, \delta = 10 \text{ кН/м}^2, \gamma = 20 \text{ кН/м}^2$$

Начало:

Наш расчет начинался с выбора стандарта, при помощи которого мы производили расчет нашего задания. В нашей задаче мы выбирали Стандарт EN-1997-DA3.

Физические характеристики:

В разделе «Грунты» мы вводим физические характеристики песка для дальнейшего расчета. Но из-за демоверсии программы, все значения грунта принимаются тем значениям, которые подставляла сама программа.

Подбор геометрии:

После ввода характеристик важным пунктом для нашего решения являлись задачи выбора геометрий. В этом пункте мы задаем разработку выемки и подбираем сечение.

Выбор материала для решения задачи:

После подбора геометрии мы переходим в следующий раздел «Материал». В этом разделе мы подбираем материал нашему шпунту.

Пункт «Вода»:

В пункте «Вода» мы назначаем уровень грунтовых вод в грунте для дальнейшего расчета, в связи с тем, что мы находимся в умеренном климатическом поясе, где периодически проходят дожди. Как видно на презентации, у нас присутствуют два случая.

Настройка этапа:

В этом пункте мы выбираем проектную ситуацию, которая нам необходима для решение нашей задачи.

Итог расчетов: высота откоса 3м, 4м, 5м:

Результаты расчёта: после ввода всех наших данных и настройки программы под наши условия мы производим расчёт. Сам процесс расчета делится на три этапа: расчёт, подбор размеров, устойчивость.

3м) В результате расчетов был подобран шпунт LARSEN 603;

4м) В результате расчетов был подобран шпунт LARSEN 25;

5м) В результате расчетов был подобран шпунт LARSEN 25;

После подбора шпунта мы проводим проверку устойчивости откоса для каждого шпунта.

Результаты:

Для соответствующих откосов высотой 3,4,5 метров по результатам расчёта и проверки на устойчивость были выбраны рациональные шпунт типа LARSEN:

1. Для откоса высотой 3 метра-LARSEN 603 с необходимой высотой конструкции 7,5м.
2. Для откоса высотой 4 метра- LARSEN 25 с необходимой высотой конструкции 9,5м.
3. Для откоса высотой 5 метра- LARSEN 25 с необходимой высотой конструкции 12,5м.

ВЛИЯНИЕ ГРУНТОВОЙ ВОДЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ОТКОСА В ПЕСЧАНЫХ ГРУНТАХ

Шемис Ек.В., Шемис Ел.В.

(научный руководитель - Бойко И. Л.)

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Аннотация

В данной статье мы рассмотрим влияние грунтовой воды на устойчивость откоса в песчаных грунтах. На примере расчета пылеватого песка с помощью программы GEO5.

Введение

Откосом называется искусственно созданная поверхность, ограничивающая природный грунтовой массив, выемку или насыпь. Откосы образуются при возведении различного рода насыпей (дорожное полотно, дамбы, земляные плотины), выемок (котлованы, траншеи, каналы, карьеры) или при перепрофилировании территорий.

Склоном называется откос, образованный природным путем и ограничивающий массив грунта естественного сложения.

При неблагоприятном сочетании разнообразных факторов массив грунтов, ограниченный откосом или склоном, может перейти в неравновесное состояние и потерять устойчивость.

В основном устойчивость откоса зависит от его высоты и вида грунта.

В свою очередь, вода тоже может вызвать нестабильные условия на склонах земли из-за изменений в геометрии. Эрозия подошвы или склона может вызвать разрушающее напряжение. Прокладка трубопровода через вспучивание или эрозию подземных слоев может вызвать повреждения. Строительство насыпей на склонах холмов может вызвать оползень, что приведет к повышению уровня грунтовых вод.

Вода действует как восходящая сила на почвы и скалы, составляющие склон, изменяя силу тяжести. Насыщая почву, вода изменяет ее физико-механические свойства, в частности, характеристики прочности на сдвиг, уменьшая значение сопротивления сдвигу.

Программа GEO5

В программе для геотехнических расчетов GEO5, мы произвели расчет влияния грунтовой воды на устойчивость откоса в пылеватых грунтах, задав данные: $\varphi=28^\circ$ (угол внутреннего трения); $c=3,7\text{кПа}$ (удельное сцепление); $\gamma=19,0\text{кН/м}^3$ (удельный вес); $e=0,6$ (коэффициент пористости). И уровни воды в откосе: на отметке низа откоса; на отметке на 1м выше низа откоса; на отметке на 2 м выше низа и т.д. до верха. Результаты расчета приведены в таблице 1

Таблица 1. Результаты расчета.

Уровни воды в откосе	F_a кН/м	F_p кН/м	M_a кН/м	M_p кН/м	Коэффициент запаса
на отметке низа откоса	373,56	687,61	3574,95	6580,44	1,84
на отметке на 1м выше низа	368,88	650,46	3530,20	6224,94	1,76
на отметке на 2м выше низа	354,80	606,13	3395,44	5800,68	1,71
на отметке на 3м выше низа	332,50	558,27	3182,04	5342,63	1,68
на отметке на 4м выше низа	303,14	508,45	2901,04	4865,86	1,69
на отметке на 5м выше низа	264,90	453,39	2535,05	4338,95	1,71

на отметке на 6м выше низа	226,26	413,66	2165,32	3958,74	1,83
на отметке на 7м выше низа	194,15	388,10	1858,04	3714,11	2,00
на отметке на 8м выше низа	186,72	382,28	1786,94	3658,45	2,05
на отметке на 9м выше низа	186,72	382,28	1786,94	3658,45	2,08

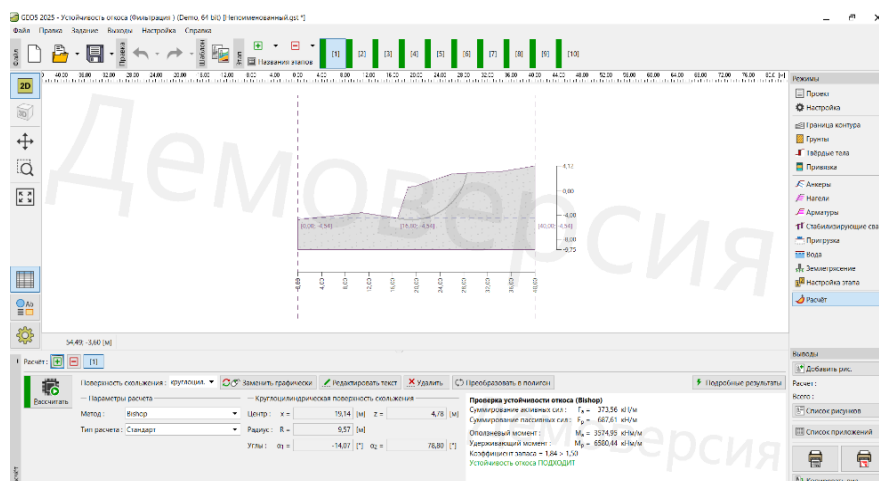


Рисунок 1. Выполнение расчета влияния грунтовой воды на устойчивость откоса в пылеватом грунте с помощью программы GEO5

Из полученных результатов следует, что коэффициент запаса прочности и прочность откосов снижаются, когда уровень грунтовых вод повышается.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Геотехническое программное обеспечение GEO 5 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.finesoftware.ru/geotekhnicheskikh-raschetov/> – Время доступа: апрель 2025.;
2. Механика грунтов, основания и фундаменты : лабораторный практикум для студентов специальностей 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство», 1-70 01 01 «Производство строительных изделий и конструкций», 1-70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимостью», 1-70 04 01 «Водохозяйственное строительство», 1-70 07 01 «Строительство тепловых и атомных электростанций», 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» / Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Геотехника и строительная механика» ; сост.: Т. М. Уласик [и др.]. – Минск : БНТУ, 2021. – 57 с.;
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://intek43.ru/remont/grunty-ukreplennye-grunty> – Время доступа: апрель 2025.;
4. Методические указания по курсовому проектированию по курсу "Гидротехнические сооружения". В 2 частях. Часть 1. "Проектирование грунтовых плотин" для студентов специальностей водохозяйственного строительства / Министерство образования Республики Беларусь, Брестский государственный технический университет, Кафедра сельскохозяйственных гидротехнических мелиораций ; сост.: М. Ф. Мороз, Н. Н. Водниц. – Брест : БрГТУ, 2007. – Часть 1. – 31, [1] с.;
5. Богославчик, П. М. Грунтовые плотины : пособие для студентов специальности 1-70 04 01 «Водохозяйственное строительство» / П. М. Богославчик, Ю. А. Медведева, О. В. Немеровец ; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Гидротехническое и энергетическое строительство, водный транспорт и гидравлика». – Минск : БНТУ, 2022. – 74 с.

ЭКЛЕКТИКА: ВЗАИМОСВЯЗЬ ВНУТРЕННЕЙ ОТДЕЛКИ С КОНСТРУКТИВОМ ЗДАНИЯ

Давидович А. А.

(научный руководитель – Бынькова А.Ю.)

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Аннотация. Одной из проблем, при неверном выборе фундамента и конструктивной системы жилого здания, является разрушение отделки (штукатурки, плитки). В работе рассмотрены причины разрушений.

Введение. В Минске сейчас ведется строительство двух крупных микрорайонов – Минск-мир и Северный берег. Очень важно знать перед началом ремонта в новостройке, что в первое время после строительства здание нестабильно и терпит изменения. Какие именно изменения и на что они влияют – выясним далее.

Основная часть. Два самых главных явления, с которым сталкивается новое здание – усадка и осадка.

Усадка – изменение линейных размеров здания — высоты, длины, ширины. Она происходит из-за уменьшения или увеличения объёма строительных материалов и трансформации конструкций. «Детали» постройки сжимаются, уплотняются, усыхают.

Осадка – это процесс, при котором здание движется вертикально вниз, со временем оседая и погружаясь в землю. В зависимости от свойств грунтов возведенные на них сооружения могут испытывать осадку или подъем самой разной величины. Осадка возникает вследствие уплотнения грунтов или их выдавливания из-под фундаментов здания или сооружения.

Если при осадке ключевую роль играют внешние факторы – грунты, то при усадке – материал конструкции и тип конструктивной системы.

Перед началом проектирования выбранный участок подвергается целому ряду исследований и изысканий. Этим занимаются отдельные специалисты и существует самостоятельная наука – инженерная геология. Таким образом после всех изыскательских работ составляется отчет, который попадает в руки конструктору. Имея эту информацию и исходные данные от архитектора по его планировочным решениям, рассчитывается и выбирается фундамент и конструктивная система.

Критерии выбора конструктивного решения. Выбор конструктива в многоэтажном жилом доме является комплексным процессом и зависит от множества факторов, которые можно разделить на несколько основных категорий:

1. Архитектурные требования (функциональность и эстетика);
2. Геологические и климатические условия (несущая способность и характеристики грунта определяют тип фундамента и конструктивные решения; условия, такие как температура, осадки, ветровые нагрузки, влияют на выбор материалов и конструкций, чтобы обеспечить долговечность и устойчивость здания);
3. Нормативные требования и технологические аспекты;
4. Экономические факторы (бюджет и сроки строительства);
5. Экологические факторы и социальные аспекты;

Длительность и последствия осадки и усадки. Оба эти процесса могут оказать пагубное влияние на устойчивость здания в целом, не говоря уже о том, что находится внутри – о его отделке.

Если говорить о продолжительности осадки, то в большинстве случаев она происходит в течение первых нескольких лет после строительства. Выделяют три основных этапа этого процесса:

- Первоначальная осадка (2-3 года). В этот период здание непрерывно уходит в землю по мере уплотнения грунта под фундаментом.

- Незначительная последующая осадка (может занять от 2-3 до, в особо «запущенных» случаях, 5-7 лет).

- Долгосрочная стабильность. После двух первых этапов наступает момент, когда скорость осадки становится незначительной. Идеальной считается осадка со скоростью не более 1 мм в год. [1]

Но, опять же, это не значит, что надо ждать 7 лет, прежде чем заселяться в новый дом и делать там ремонт. Если соблюдены все технологии строительства и правильно выбраны, и рассчитаны фундаменты, то здание будет лишь равномерно двигаться вниз, не изменяя свои характеристик. Поэтому перейдём ко второму, более волнующему нас вопросу – усадке.

Ключевой фактор – материал конструкции. Если говорить о многоэтажных жилых зданиях, то быстрее всех в «норму» приходят монолитно-каркасные дома. Из-за того, что они строятся из бесшовных бетонных блоков, такие дома «сажаются» плавно и без перекосов, а на саму усадку у них уходит примерно год. Этот же процесс в панельных домах длится уже 2-3 года и чаще всего сопровождается появлением трещин в местах соединения панелей и фундамента. Кроме того, в панельных домах может перекоситься пол, и именно поэтому его рекомендуется отделывать дорогими материалами лишь после истечения этого срока. Наконец, кирпичные дома из-за своей сложной и тяжелой структуры способны «садиться» до шести лет, а трещины в них (конечно, при нарушении технологий строительства и неправильно сформированном фундаменте) могут появляться даже вдоль стен. Кладка в таких домах может усыхать на 1 мм на каждый шов.

Если дом правильно спроектирован и построен со строгим соблюдением технологии и из качественных стройматериалов, его усадка не приведёт к деформации конструкции. Но это не значит, что надо сразу делать дорогостоящий ремонт. Следует или выждать 1-3 года (в зависимости от материала здания), пожив в бюджетном варианте, или выбирать более «гибкие» материалы для отделки (натяжные потолки, стеклохолст вместо выравнивания стен, акриловая краска – вместо плитки, линолеум с минераловатой – вместо выравнивания пола).

Преимущественно эти рекомендации распространяются на кирпичные и панельные дома. В них имеет смысл делать сначала косметический ремонт, а глобальное устройство - отложить до полной усадки дома. В монолитных домах можно сразу делать чистовой ремонт, но лучше выбирать материалы повышенной эластичности, как уже было сказано ранее. Один из самых надежных вариантов – выбрать отделку от застройщика. [2]

Расчет осадки проектируемого дома в Северном берегу. Расчет несущих элементов каркаса здания выполнен с помощью расчетного комплекса SCAD. Комплекс реализует, конечно-элементное, моделирование статических и динамических расчетных схем, проверку устойчивости, выбор невыгодных сочетаний усилий, подбор арматуры железобетонных конструкций. В основу расчета положен метод конечных элементов с использованием в качестве основных неизвестных перемещений и поворотов узлов расчетной схемы. В связи с этим идеализация конструкции выполнена в форме, приспособленной к использованию этого метода, а именно: система представлена в виде набора тел стандартного типа (стержней, пластин, оболочек и т.д.), называемых конечными элементами и присоединенных к узлам.

При выполнении расчета вычислялись расчетные сочетания усилий в элементах расчетной схемы по правилам в соответствии с СН2.01.01-2022 (таблицы приложения А), расчетные значения приведенных нагрузок объединены в основные комбинации, из которых выбирались самые неблагоприятные. [3]

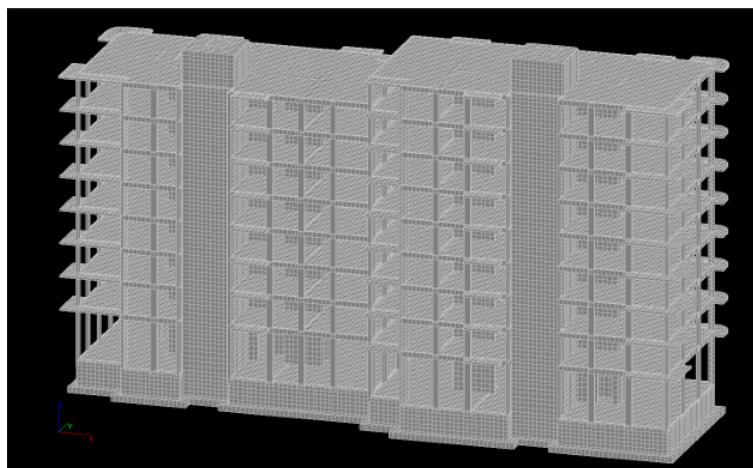


Рисунок 1. - Расчетная схема, общий вид.

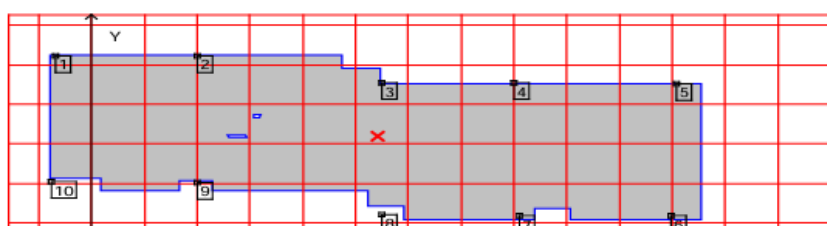


Рисунок 2. -Схема площадки.ИГЭ-1 Песок мелкий средней прочности;

Таблица 1. -Список грунтов.

Наименование ИГЭ	Удельный вес, T/m^3	Модуль деформации, T/m^2	Модуль упругости T/m^2	Коэффициент Пуассона	Коэффициент переуплотнения	Давление переуплотнения, T/m^2
Подушка	1,8	3500	29166,667	0,3	1	0
3	1,56	1270	10583,333	0,3	1	0
4	1,64	2390	19916,667	0,3	1	0
5	1,76	4250	35416,667	0,3	1	0
1	1,64	1910	15916,667	0,3	1	0
2	1,82	3860	32166,667	0,3	1	0
5a	1,81	5550	46250	0,3	1	0
10	2,11	1610	13416,667	0,3	1	2,5
6	1,64	2370	19750	0,3	1	0
7	1,72	4180	34833,333	0,3	1	0
9	2,05	1030	8583,333	0,3	1	2,5

ИГЭ-2 Песок мелкий прочный;
 ИГЭ-3 Песок средний малопрочный;
 ИГЭ-4 Песок средний средней прочности ($q_c < 8$ Мпа);
 ИГЭ-5 Песок средний средней прочности ($q_c > 8$ Мпа);
 ИГЭ-5a Песок средний прочный;
 ИГЭ-6 Песок крупный средней прочности ($q_c < 8$ Мпа);
 ИГЭ-7 Песок крупный средней прочности ($q_c > 8$ Мпа);
 ИГЭ-9 Супесь моренная средней прочности;
 ИГЭ-10 Супесь моренная прочная;

Результаты расчета:

- Минимальное значение коэффициента постели $363,76 T/m^3$;
- Максимальное значение коэффициента постели $1477,707 T/m^3$;
- Среднее значение коэффициента постели $434,769 T/m^3$;
- Среднеквадратичное отклонение коэффициента постели $0,017$;

- Отметка сжимаемой толщи определялась в точке с координатами (27,055; -69,077) м;
- Нижняя отметка сжимаемой толщи в данной точке -13,782 м;
- Толщина слоя сжимаемой толщи в данной точке 13,782 м;
- Максимальная осадка 8,659 см;
- Средняя осадка 6,795 см;
- Крен фундаментной плиты 0,009 град;
- Суммарная нагрузка 15771,265 Т.

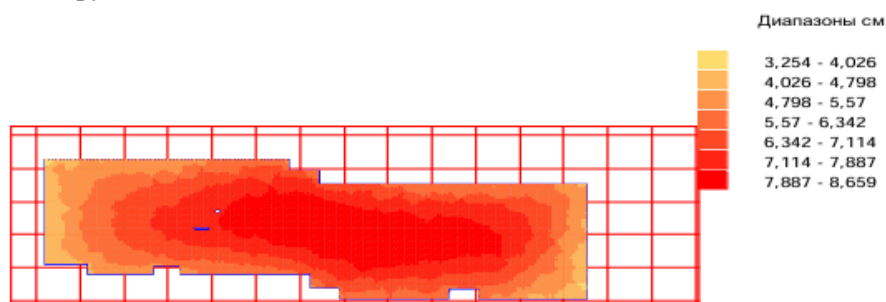


Рисунок 3. -Схема осадки.

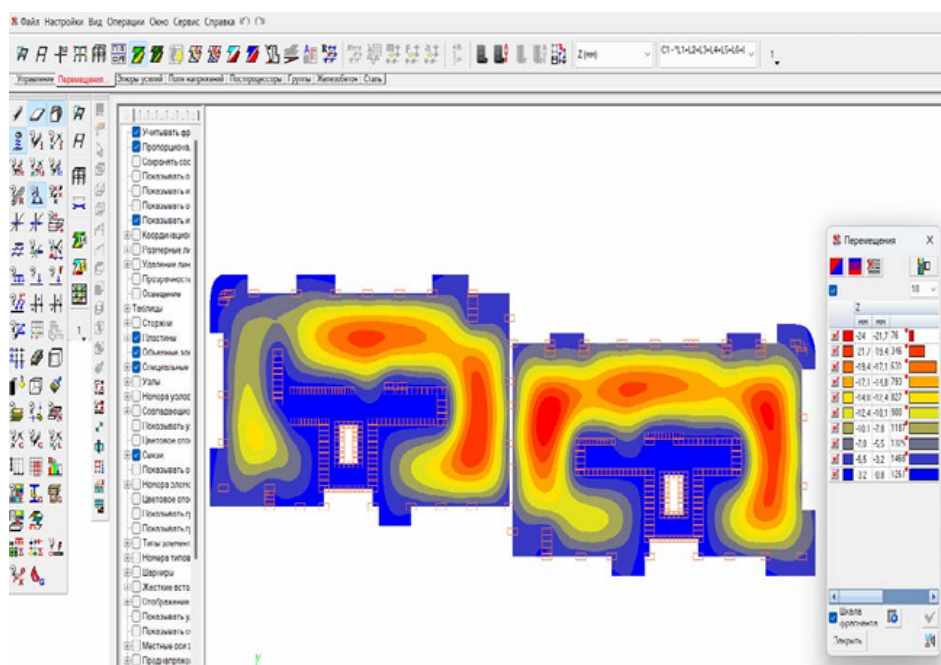


Рисунок 4. Схема деформации плиты перекрытия типового этажа.

Максимальные вертикальные перемещения плиты перекрытия составляют 24мм, что $< L/250 = 6900/250 = 27,6\text{мм}$ – условие соблюдается.

Максимальные горизонтальные перемещения здания составляют 20,50мм $< 1/500$
 $h = 30000/500 = 60\text{мм}$ – условие соблюдается.

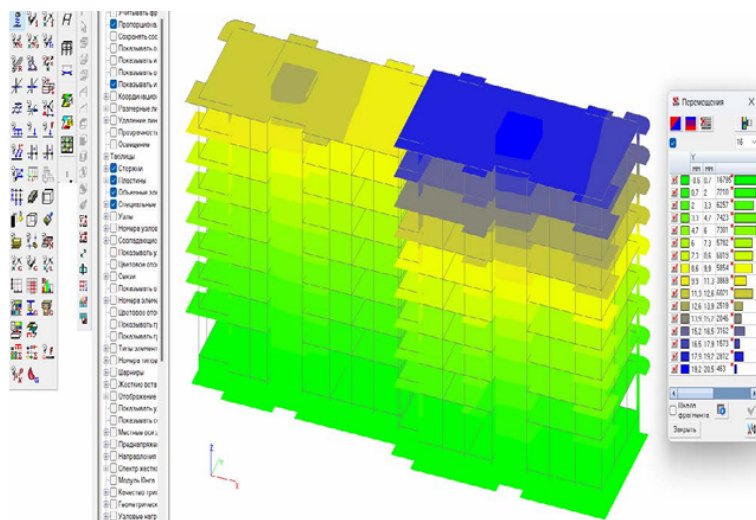


Рисунок 5. Схема максимальных горизонтальных перемещений здания.

Результаты расчета и вывод. Максимальные осадка фундаментов составляет 86,59мм <150мм, средняя осадка фундаментов 67,95мм <120мм условие СП 5.01.01-2023 Приложение Б соблюдается. Величина максимальной относительной разности осадок фундаментов составила $18,64/13000 = 0,0014$ (расстояние между точками минимальной и максимальной осадки согласно схеме осадок КРОСС), что не превышает предельно нормируемого значения $\Delta S/L = 0,003$ СП 5.01.01-2023 Приложение Б. Максимальные горизонтальные перемещения здания также в пределах нормы (описано выше).

Принятая в проекте железобетонная несущая система на основе монолитного рамно-связевого каркаса способна воспринять нагрузки, действующие на здание в процессе эксплуатации. Подобранные сечения несущих элементов каркаса соответствуют требованиям СН, СП и других ТНПА, действующих на территории Республики Беларусь. [3]

Заключение. Внутренняя отделка здания, конструктивная система здания и грунты, на которых оно стоит, взаимосвязаны через несколько ключевых аспектов:

1. Устойчивость конструкции: если грунты имеют низкую несущую способность или подвержены осадке, и тип конструкции подобран неверно (в частности – материал)– это может привести к деформациям и трещинам в стенах и отделке.

2. Влажность: если здание расположено на влажных или водонасыщенных грунтах, это может привести к повышенной влажности внутри помещений – что приведет к появлению плесени, грибка, повреждению материалов, а также негативно сказаться на стыках и креплениях элементов конструкции.

Таким образом, при проектировании и выполнении внутренней отделки зданий важно учитывать выбранную конструктивную систему здания, а также характеристики грунтов, на которых они расположены, чтобы обеспечить долговечность и эстетические качества отделки. Расчетом мы подтвердили необходимость выждать перед началом «чистого» ремонта, поскольку осадка и усадка – неизбежные процессы, требующие времени.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. <https://blog.domclick.ru/nedvizhimost/post/pochemu-proishodit-usadka-novostroyki-i-c-hem-eto-grozit;>
2. <https://urielt.by/blog/usadka-novostroyki-pochemu-proishodit-i-skolko-dlitsya;>
3. 4.5-КР.РПЗ – Конструктивные решения. Расчет несущего каркаса. Объект: «Экспериментальный многофункциональный комплекс «Северный Берег». 1 очередь строительства. Квартал № 4. Застройка в границах ул. Проектируемая №4 - ул. Проектируемая №2 - ЛР2». Жилой дом № 4.5 по г/п., - Минск, 2025 г.

МОСТОСТРОЕНИЕ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Яцынович О. В.

(научный руководитель – Каменецкая К. М.)

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

1. Введение

Мостостроение как отрасль транспортного строительства занимает особое место в инфраструктуре Республики Беларусь. Географическое положение страны, расположенной на пересечении важнейших транспортных коридоров Европы, предопределяет повышенные требования к качеству и надежности мостовых сооружений. Современный этап развития мостостроения характеризуется необходимостью решения комплекса задач, связанных с:

- моральным и физическим старением существующих мостовых сооружений;
- увеличением транспортных нагрузок;
- ужесточением экологических требований;
- необходимостью сохранения архитектурно-исторического наследия.

В данной работе рассматриваются исторические аспекты развития мостостроения на территории Беларуси, анализируется современное состояние мостового хозяйства и определяются перспективные направления его развития.

2. Исторический обзор развития мостостроения

2.1. Древний период (до IX века)

Археологические находки свидетельствуют о существовании примитивных деревянных переправ через многочисленные реки и болота. Основными конструктивными решениями были:

- "Кладки" - бревенчатые настилы на опорах из валунов;
- "Гати" - насыпные дороги через болота;
- "Плетни" - конструкции из лозы для укрепления подходов.

2.2. Средневековый период (IX-XVI века)

С образованием древнерусских княжеств мостостроение получило новый импульс развития. В этот период появились:

- Городские мосты (летописные упоминания о мостах в Полоцке, Витебске, Гродно);
- Оборонительные мосты у въездов в детинцы;

Особого внимания заслуживает мост через Неман в Гродно (XVI век), представлявший собой сложную пяти пролётную конструкцию длиной около 100 метров.

2.3. Период Речи Посполитой (XVI-XVIII века)

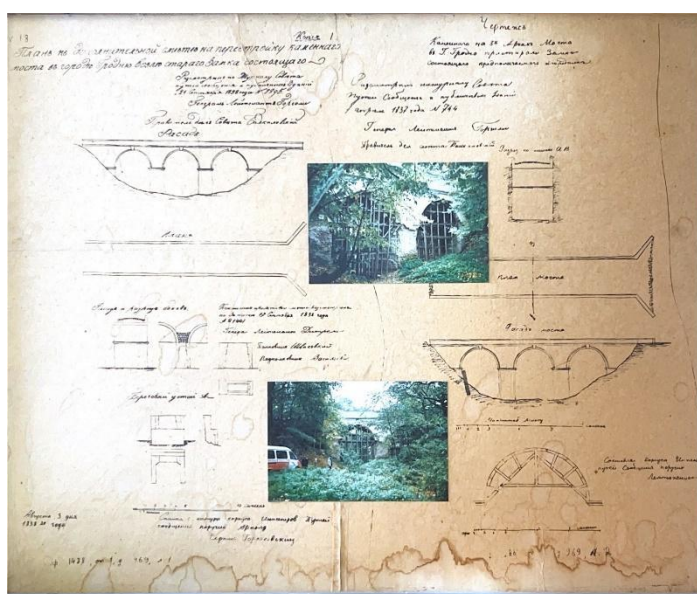
В этот период отмечается:

- Появление первых каменных мостов (Старый мост в Гродно, 1580-1590 гг.)(рис.1,2);
- Развитие парковых мостов в дворцовых комплексах;
- Влияние европейских архитектурных стилей (барокко, ренессанс).

Рис.1



Рис.2



2.4. XIX - начало XX века

С включением белорусских земель в состав Российской империи началось активное строительство:

- Шоссейных мостов (Москва-Варшава, Петербург-Киев);
- Железнодорожных мостов (Петербургско-Варшавская железная дорога);
- Первых металлических конструкций (фермы Гау-Журавского).

3. Советский период мостостроения

После 1917 года мостостроение в БССР развивалось в рамках общесоюзных программ. Основные достижения:

- Массовое применение железобетона;
- Разработка типовых проектов;
- Создание системы мостовых хозяйств;
- Развитие научной школы мостостроения.

В этот период были построены:

- Мост через Днепр в Могилеве (1930-е годы);
- Мост через Березину у Бобруйска (1950-е годы);
- Десятки других важных сооружений.

4. Современное состояние мостового хозяйства

4.1. Общая характеристика

По состоянию на 2025 год в Республике Беларусь насчитывается:

- 5220 мостовых сооружений;
- Общая протяженность - 186 км;
- Из них на республиканских дорогах - 2248 сооружений (107 км).

4.2. Технические параметры

Средние показатели мостового парка:

- Возраст: 35% мостов старше 40 лет;
- Материалы: 65% - железобетон, 25% - металл, 10% - другие;
- Пролетные строения: 80% - балочные, 15% - арочные, 5% - другие.

4.3. Транспортная нагрузка

Динамика роста нагрузки:

- Количество автомобилей: 3,57 млн (2023) против 1,27 млн (1997);
- Грузоподъемность: увеличение в 2,5 раза за 20 лет.

5. Перспективные направления развития

5.1. Технические решения

- Применение высокопрочных материалов;
- Внедрение композитных конструкций;
- Развитие вантовых и висячих систем.

5.2. Организационные меры

- Совершенствование системы мониторинга;
- Оптимизация ремонтного цикла;
- Развитие нормативной базы.

5.3. Архитектурные аспекты

- Учет градостроительных требований;
- Сохранение исторического облика;
- Создание современных архитектурных ансамблей.

6.1. Город мосты: символ белорусского мостостроения

Особое место в истории и современности белорусского мостостроения занимает город Мосты Гродненской области, ставший своеобразным символом мостостроительного искусства страны, построенный в 1972-1973 годах.

Его технические характеристики:

- Длина: 193,3 метра
- Ширина: 1,5 метра
- Высота над водой: 12 метров
- Конструкция: вантового типа с деревянным настилом

6.2. Современная реконструкция (рис. 3,4,5)

В 2025 году проведена масштабная реконструкция моста с сохранением его исторического облика.

Основные работы включали:

- Замену несущих тросов и креплений

- Усиление опорных конструкций
- Обновление деревянного настила
- Установку современной системы освещения

6.3. Мост в мостах наглядно демонстрирует, как инженерное сооружение может стать не только важным транспортным объектом, но и **символом единства**, предметом гордости жителей и визитной карточкой региона.

Стало:

Было:

Рис.3



Рис.5



Рис.4



7. Заключение

Развитие мостостроения в Беларуси - это непрерывный процесс, сочетающий в себе:

1. Уважение к историческим традициям
2. Внедрение современных технологий
3. Учет социально-культурных аспектов
4. Решение транспортно-логистических задач

Город Мосты и его знаменитый подвесной мост наглядно показывают, как техническое сооружение может стать важной частью культурного наследия и символом единства. Дальнейшее развитие мостовой инфраструктуры Беларуси должно учитывать этот уникальный опыт, сочетая инженерные решения с архитектурной выразительностью и социальной значимостью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

5. БелдорНИИ.;
6. Манкевич, С.В. Архитектурно-конструктивные особенности мостов Беларуси / С.В. Манкевич. – Минск: БНТУ, 2020. – 278 с.;
7. Репозиторий БНТУ;
8. Транспортный вестник Республики Беларусь;
9. Барановский, А.И. Мосты Беларуси: история и современность / А.И. Барановский. – Минск: Беларуская навука, 2018. – 320 с.;
10. Мостостроение в Беларуси / Под ред. В.П. Качанова. – Гродно: ГрГУ, 2019. – 256 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ СТЕРЖНЕЙ В ПЛОСКИХ РАМАХ (С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ)

Мордич И. И., Шемис Ек. В., Шемис Ел. В.

(научный руководитель – Вербицкая О. Л.)

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Аннотация.

Оптимизация строительства является ключевым аспектом для достижения высокой эффективности и снижения затрат в современном строительстве. Оптимизация строительных проектов позволяет найти компромисс между важными составляющими – стоимостью, соблюдением графика, качеством [2].

В данной работе поставлены следующие цели:

- исследовать способы оптимизации строительства;*
- изучить метод конечных элементов и применить его в решении задачи оптимизации.*

Введение в понятие Метода конечных элементов (МКЭ).

Метод конечных элементов является численным методом решения дифференциальных уравнений.

Метод заключается в разбиении исследуемой области на отдельные части, называемые конечными элементами, соединяющихся между собой в определённом числе точек, называемых узлами. Каждый элемент описывается приближённой функцией, значения которой в узлах элемента являются её решением и заранее неизвестны. Вне своего элемента функция равна нулю. Отдельные уравнения собираются в общую систему уравнений, описывающую всю область. Число уравнений равно числу неизвестных значений в узлах и ограничено только вычислительными возможностями ЭВМ. Так как элемент связан с небольшим количеством соседних элементов, матрица уравнений имеет разреженный вид, что значительно упрощает решение [5].

МКЭ опирается на классические законы строительной механики и как следствие представлен в трёх формах: метода перемещения, метода сил и смешанного метода. Наиболее общим является МКЭ в форме смешанного метода. Однако МКЭ в форме метода перемещений является более распространённым.

Определение необходимости оптимизации в строительстве.

Оптимизации строительных конструкций в течение долгого времени не уделялось должного внимания, хотя решению такого рода задач для простейших систем вели такие крупные ученые прошлого, как И. Ньютон, Л. Эйлер, Ж. Лагранж.

Во-первых, это связано с тем, что архитекторы и инженеры далекого прошлого часто пренебрегали расходом материала, идущим на конструкцию или сооружение. Во-вторых, не было мощных вычислительных средств, способствующих решать сложные задачи.

В 1638 г. Галилей, положивший начало сопротивлению материалов, решил задачу о балке равного сопротивления.

В 1661 г. Я. Бернулли с помощью дифференциального исчисления исследовал форму балок равного сопротивления, находящиеся под действием переменной нагрузки. В этом направлении проводили исследования И. Ньютон и Ж. Лагранж. Но появление математических средств эффективного решения подобных задач следует связывать с именем основоположника вариационного исчисления Л. Эйлера.

Постановка задачи оптимального проектирования связана со стремлением обеспечить максимальную технико-экономическую эффективность конструкции при соблюдении условий надежности.

Эта цель может быть достигнута при создании конструкций с переменными характеристиками путем варьирования плотности, толщин, физических характеристик элементов, откуда следует три разновидности постановок оптимизационных задач:

1) минимизация массы стержневых систем с одновременным поиском оптимального распределения сечений стержневых элементов;

2) проектирование конструкций переменной плотности, с последующим удалением материала из малонагруженных областей и образованием внутренних полостей на их местах, а также минимизация массы конструкций путем выбора схем оптимального армирования;

3) проектирование конструкций переменной жесткости при помощи распределения по объему или поверхности конструкции физических характеристик материала (модулей упругости), а также путем создания оптимальной анизотропии элементов [4].

Исследование плоских рам с переменным сечением, с целью снижения расхода материалов, в программном комплексе Dlubal RFEM6, с помощью МКЭ.

Для исследования мы применили раму представленную на рисунке 1.



Рисунок 1. Общий вид расчётной модели

В расчетной модели приняты опоры в виде заделок, соединения горизонтального стержня с вертикальными – шарнирные. В качестве нагрузки использовался собственный вес материала.

Исходя из модели балки равного сопротивления мы производили подбор сечения горизонтального стержня, уменьшая его ширину по краям, с равномерного сечения и заканчивая сечением, близким к параболическому.

В результате расчета методом конечных элементов в программе Dlubal RFEM6 получены те же закономерности, какие еще в 17 веке вывел Галилео Галилей о балке равного сопротивления. Это балка, в которой отношение изгибающего момента к моменту сопротивления, остаётся неизменным по всей длине балки. Условие, определяющее форму такой балки, определяется по формуле: $\sigma_{max} = const = \frac{M}{W} \leq [\sigma]$, где $[\sigma]$ – требуемое напряжение. Отсюда: $W = \frac{M}{[\sigma]}$. [3].

То есть у балки равного сопротивления момент сопротивления данного сечения должен быть прямо пропорционален изгибающему моменту в этом сечении. Такая балка будет иметь параболические очертания. Изготовление такой балки связано с большими технологическими трудностями, поэтому на практике применяют не балки равного сопротивления, а близкие к ним ступенчатые балки [1].

5. Выводы

В результате проведенного исследования доказана необходимость расчёта строительных конструкций на предмет оптимального переменного сечения для экономии материала. Подтверждена теория о балке равного сопротивления. Изучен метод конечных элементов и удобство его использования для расчета в программном комплексе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Интернет-ресурс:
https://studopedia.ru/2_16180_balki-peremennogo-secheniya-i-balki-ravnogo-soprotivleniya.html,
дата обращения: 08.04.2025;
2. Интернет-ресурс:
https://www.lcbit.ru/blog/optimizatsiya-stroitelstva-4-strategii-realizatsii/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.by%2F, дата обращения: 08.04.2025;
3. Интернет-ресурс: http://sopromat.vstu.ru/metod/lek/lek_12.pdf, дата обращения: 08.04.2025;
4. А. В. Ключев, С. В. Ключев., Р. В. Лесовик. Основы оптимизации строительных конструкций. Вестник БГТУ им. Шухова, №2, 2008;
5. И. Ф. Дьяков, С. А. Чернов, А. Н. Черный. Метод конечных элементов в расчётах стержневых систем. Учебное пособие / Ульяновск: УлГТУ, 2010. – 133 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИЗНОСА ПРОМЫШЛЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*Бартошевич А.В., Пузанова А.С., Семенович А.В.
(научный руководитель – Вербицкая О.Л.)
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Аннотация: В данной статье рассматривается учет нагрузок, коррозии и усталости материалов в современных промышленных объектах при помощи цифровых двойников.

В настоящее время при строительстве зданий и сооружений необходимо заранее учитывать влияние нагрузок, затраты на необходимые ремонтные работы и обслуживание конструкций, а также причины и последствия возникновения аварийных ситуаций – эти и другие задачи помогают решать цифровые двойники.

Цифровые двойники (Digital Twins, далее ЦД) — это технологии, которые создают виртуальные копии физических объектов, систем, процессов, а также людей, позволяя моделировать их поведение в реальном времени и прогнозировать состояние объекта с его развитием в режиме реального времени с высокой степенью вероятности [3].

Основой ЦД могут выступать:

- графическая 3D или 4D-модель;
- интегрированная математическая модель для анализа инженерных расчётов;
- голограммы и другие.

Созданием ЦД занимаются разработчики, составляющие подробную картину существующего объекта, воспроизводя все процессы и характеристики.

Далее моделируется 3D-копия на основе, например, метода конечных элементов (FEA — Finite Element Analysis), CAD-модели (computer-aided design/drafting) и так далее.

Для интегрирования с архитектурой будущего здания, а также для придания будущему ЦД динамики, модель переносят на специальную платформу, такую как Siemens, Dassault Systemes [2].

Далее формируется прогноз о поведении здания-модели в различных условиях. В ходе процесса испытаний технические аналитики собирают данные, а после просчитывают все возможные варианты развития событий.

Запуск цифрового двойника также может сопровождаться всевозможными изменениями, которые также учитываются.

Для эффективной работы модели инженерами производится отладка: на данном этапе ЦД рассматривается как настоящий объект, а также происходит внесение необходимых правок.

Ключевым фактором в эффективной работе цифрового двойника является регулярное обновление, без которого модель не будет иметь смысла.

Основной задачи ЦД выделяют прогнозирование износа объекта. Для этого собираются данные в реальном времени при помощи различных датчиков, установленных на объекте, отслеживающих:

- вибрации оборудования;
- температурные перепады;
- коррозию и микротрещины;
- нагрузки и деформации.

Показатели со всех приборов обрабатываются и анализируются, после составляются уравнения для расчета усталости материалов, коррозионных потерь, а также алгоритмы, предсказывающие износ на основе паттернов (например, рост вибраций ведет за собой риск поломки подшипника). Далее основе собранных данных моделируются возможные варианты развития событий.

К недостаткам технологии можно отнести обработку огромного количества информации в реальном времени, что может привести к неверному расчету событий в случае неисправности

или неверной установки датчиков; а также снижение точности цифровой модели из-за неучтенного фактора, например, такого как человеческий [1].

Удачным проектом, использующим ЦД, является многофункциональный комплекс «Лахта Центр» в Санкт-Петербурге на берегу Финского залива (рис.1).



Рисунок 1 - «Лахта Центр», Санкт-Петербург.

Комплекс состоит из башни, многофункционального здания, арки главного входа и административного здания. Общая площадь объекта составляет 570 тыс.м². Башня высотой 462 метра является самым северным небоскрёбом в мире. Из-за близости к заливу и слабых грунтов все фундаменты комплекса опираются на сваи.

Огромный вклад в строительство центра внесли специалисты IT-компании «СОДИС Лаб», которые разработали для комплекса систему мониторинга инженерных систем (СМИС), проект инженерно-технических мероприятий гражданской обороны и автоматизированную систему мониторинга деформационного состояния объекта (СМДС), направленных на предупреждение чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (ГОЧС).

Конструкция Лахта-Центра включает в себя в себя более 2800 датчиков, которые представляют собой масштабную систему мониторинга [4].

Для отслеживания данных с датчиков в режиме реального времени, измерения автоматически переносятся на программную платформу SODIS Building M4, которая позволяет обеспечить автоматизированный учёт индивидуальных характеристик каждого датчика (рис.2 и рис.3).

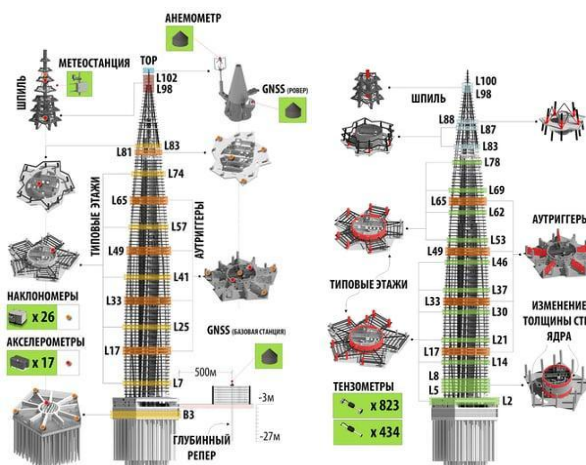


Рисунок 2 – расположение датчиков по высоте башни.

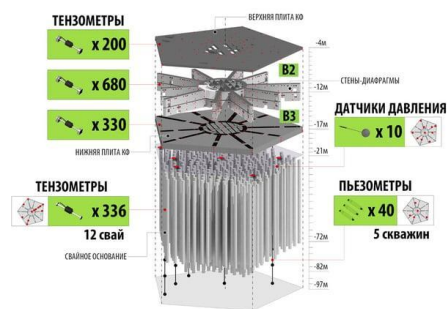


Рисунок 3 – расположение датчиков по основанию и фундаменту башни.

Закключение: Внедрение цифровых двойников необходимо для повышения эффективности, надежности и безопасности в различных сферах деятельности. Наибольшее применение ЦД имеют в строительстве, торговле, транспорте и логистике, сфере обслуживания и производства, а также в медицине и космической отрасли.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Grieves, M. (2014). *Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication*. ;
2. Tao, F. (2018). *Digital Twin Driven Smart Manufacturing*. ;
3. СМИ сетевое издание «digital-build.ru» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://digital-build.ru/czifrovoj-dvojn timer-zdaniya-kak-tehnologiya-primenyaetsya-v-stroitelstve/>. – Дата доступа: 10.11.2021.;
4. СОДИС Лаб [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sodislab.com/ru/project-lakhta>. – Дата доступа: 2018 г.

РОЛЬ БИОНИКИ В АРХИТЕКТУРЕ И СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКЕ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ ФОРМ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Немогай Ю.В.

(научный руководитель – Каменецкая К.М.)

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Аннотация

В данной статье рассматривается роль бионики в архитектуре для поддержания экологии на планете.

Введение

Создание прочных и надежных строительных уникальных сооружений является важнейшей задачей строительства. Проектирование таких сооружений тесно связано архитектурной бионикой. Такое сотрудничество дает хорошие результаты. В последнее время в мире построено много зданий с использованием бионических принципов. Следует отметить, что архитектурная бионика тесно связана с технической бионикой. При создании строительных объектов с применением этих достижений идет развитие целого направления - «Зеленый дом», где используются природные растительные объекты, натуральные материалы, альтернативная энергетика и экологическое строительство.

Архитекторы и проектировщики должны сознательно применять принципы природы при проектировании, проводить анализ и выбирать наиболее эффективные решения. Развитие программных комплексов позволяет проводить численное моделирование как всего объекта, так и его отдельных частей.

Появление и историческое развитие бионики

Бионика - это новое направление в архитектуре, родившееся в 70-х годах XX века, — она берет все самое лучшее от природы: рельефы, контуры, формы. Это архитектура, которая объединяет природу и современные высокие технологии. Бионическая архитектура предполагает создание домов, являющихся естественным продолжением природы, не вступающих с ней в конфликт. Она рассматривает в совокупности систему живая природа — архитектура — человек, которая способствует гармоничному развитию социальной и технической сфер в единстве с природой.

Первые попытки использовать бионику в строительстве предпринял Антонио Гауди. Созданный им Парк Гуэля известен как «природа, застывшая в камне».

Свойства архитектурной бионики:

- Изучает законы формообразования и структурообразования живых тканей
- Работает по принципу экономии материала, энергии, обеспечивает надежность
- Решает эстетические проблемы
- Поддерживает гармоничное единство архитектуры и природы

Бионическая архитектура является перспективным направлением в развитии строительства, потому что, каждое живое существо на планете является совершенной работающей системой, приспособленной к окружающей среде. Жизнеспособность таких систем - результат эволюции многих миллионов лет. Раскрывая секреты устройства живых организмов, можно получить новые возможности в архитектуре сооружений. Бионика призвана решать инженерно-технические задачи, основываясь на результатах исследований живой материи.

Архитектурно-строительная бионика

В архитектурно-строительной бионике большое внимание уделяется новым строительным технологиям. Например, в области разработок эффективных и безотходных строительных технологий перспективным направлением является создание слоистых конструкций. Идея заимствована у глубоководных моллюсков. Их прочные ракушки, например у широко распространенного «морского уха», состоят из чередующихся жестких и мягких пластинок.

Когда жесткая пластинка трескается, то деформация поглощается мягким слоем и трещина не идет дальше.

Анализ использования бионических принципов

Цель оптимального проектирования – это достижение наибольшей эффективности проекта как с инженерной точки зрения, так и при его реализации с учетом экономических вопросов и материальных затрат. Реализации проекта предшествует инженерная идея самой конструкции, проектирование самого объекта и разработка технологии строительства сооружения. Именно на этапе разработки идеи можно использовать достижения архитектурной бионики. Интересны в природе геометрические формы объектов. Сама природа выбирает наилучший вариант в ходе эволюции.

Биологические конструкции, используемые в архитектуре:

- Паутина - необычайно легкий, экономичный сетчатый материал;
- Пчелиные соты, воск;
- Муравьиное гнездо. Принцип его построения напоминает о зданиях, возводимых людьми. Имеются подвальные помещения, каждое из которых имеет свое предназначение;
- Мягкая мочалка. Ее необычайный узор подходит для изготовления прочных и одновременно элегантных конструкций, которые, например, можно использовать как большие емкости для перевозки воды или масла;
- Клеточная мембрана. Двойной переплет жировых китаров, обволакивающий живую клетку, уже используется в так называемой микро-архитектуре.

Конструктивные системы живых организмов формируются по принципу экономии материалов и обеспечения надежности конструкции. Характерный пример этого направления — полная аналогия между современными высотными сооружениями и стеблями злаков, которые, как известно, способны выдерживать большие нагрузки и не ломаться под тяжестью соцветия. Морфологические исследования показали, что строение их аналогично конструкции современных высотных фабричных труб – обе конструкции полые.

Закрученная форма некоторых природных конструкций подсказала архитекторам и новую форму спиралевидной основы здания – турбосомы, конструкция которой характеризуется аэродинамичностью и исключительной устойчивостью к давлению ветра, незаменимой при строительстве высотных домов.

-Принцип сопротивляемости конструкции по форме, проявляющийся в закручивающихся в спираль листьях, послужил основой для широкого применения в современной архитектуре складчатых конструкций, способных перекрывать большие сооружения.

-Принципы построения природных конструкций из тонко натянутых нитей (паутина и др.), а также конструкции из нитей с натянутыми между ними мембранами, перепончатые лапы водоплавающих птиц, крылья летучих мышей и т.п. послужили прототипом для создания многочисленных конструкций мостов на гибких тросах и вантовых конструкций. Использование принципа вантовых конструкций оказалось наиболее эффективным техническим решением для перекрытия зданий с большим пролетом — «висячие покрытия».

-При конструировании опорных рам, ферм и подъемных кранов в архитектурной практике сегодня эффективно используется принцип построения пространственнорешетчатых систем у радиолярий, раковин, диатомовых водорослей и грибов.

-В строительных конструкциях и соединениях для снижения силы напора ветра и давления на основание используется также бионический принцип конуса, отчетливо просматриваемый, например, в конструкции Останкинской телебашни.

-Имитация конструкции куриного и страусиного яйца и использование принципа конструкции этих оболочек при создании легких, большепролетных перекрытий различной кривизны нашли широкое применение при строительстве выставочных павильонов, спортивных комплексов и иных сооружений куполообразного типа.

-Созданию пневматически напряженных конструкций в современной архитектуре, как правило, временных построек — спортивных залов, выставочных построек и т.д., послужило использование принципа тругора в природе, что обусловило создание огромного количественного многообразия пневматических (надувных) конструкций. В целом облик современной бионической архитектуры можно классифицировать по способу применения биологических аналогов. Так, например, на основе использования сетчатых ребристых и

модульных образований природных форм — снежинки, шляпки гриба и т.п. — были сформированы принципы создания легких конструкций, способных выдерживать значительные нагрузки. Живая природа оптимизировала несущую способность кристаллических образований с минимальным использованием природного материала, или «каркасных» структур.

Примеры бионической архитектуры

Среди современных архитекторов, развивающих бионический подход в архитектуре, может быть названа Заха Хадид, здания которой напоминают реки застывшей лавы, сдвиги породы, причудливые горные ландшафты, изломанные глыбы льда; Нормана Форстера, в числе знаменитых проектов которого небоскреб в Лондоне, по форме напоминающий огурец; Жана Нувеля, здания которого выглядят продолжением окружающего пейзажа.

Современная бионика занимается воссозданием технически реализуемых биологических функций природных аналогов на разных материальных основах, что обычно ведет к открытию «полезности». При этом заимствования геометрических форм весьма распространены, а потенциал технически воспроизводимых биологических функций как аналогов для создания искусственной среды далеко не исчерпан.

Заключение

Развитие архитектурной бионики дает возможность применять в строительных конструкциях и сооружениях принципы организации, форму и структуру объектов окружающей нас природной среды. Необходимо уделять больше внимания изучению самих растительных и биологических объектов. И далее устанавливать принципы, на которых можно совершенствовать строительные конструкции с учетом закономерностей строения изученных объектов природы. Поиск оптимальных вариантов создания комплексов с природными структурами в строительстве сооружений с точки зрения архитектурной бионики актуален, особенно в наше время.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Крайзмер, Л. П. Бионика, 2 над. / Л. П. Крайзмер, В. П. Сочивко. - М., 1968.;
2. Лебедев, Ю. С. Архитектурная бионика / Ю. С. Лебедев, В. И. Рабинович - М.: Стройиздат, 1990.;
3. Мартека, В., Бионика / В. Мартека. - М., 1967.;
4. Игнатъев, М. Б. «Артоника». Статья в словаре-справочнике «Системный анализ и принятие решений» / М. Б. Игнатъев. - М.: Высшая школа, 2004.;
5. Вопросы бионики. Сборник статей / Под. ред. М. Г. Газе-Рапопорт. - М.;
6. Кушнер, М. Будущее архитектуры. 100 самых необычных зданий / М. Кушнер. - М.: АСТ, 2016. - 176 с.;
7. Трубе, Г. Путеводитель по архитектурным формам / Г. Трубе. - М.: Архитектура. - 2014. - 216 с.;
8. Демина, Е.Н. Исследовательская работа на тему «Бионика в архитектуре: природа - строитель, человек - подражатель?» / Е.Н. Демина (Электронный ресурс). - Режим доступа: <http://denegnik.com/reklama-v-internete-kak-zarabotat>;
9. У ИСТОКОВ СОВРЕМЕННОЙ БИОНИКИ. БИО-МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ФОРМООБРАЗОВАНИЕ В ИСКУССТВЕННОЙ СРЕДЕ https://iphrrs.ru/uplfile/aesthet/lipov/32_bionics2.pdf

**АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ.
ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМЫ КОНСТРУКЦИЙ
ДЛЯ СНИЖЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВЕТРУ**

Омельчук П.С.

(научный руководитель – Каменецакая К.М.)

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Аннотация. Аэродинамическое моделирование высотных зданий является важным аспектом архитектурного и инженерного проектирования, особенно в условиях сильных ветров. В условиях глобального потепления и увеличения интенсивности штормов, влияние ветровых нагрузок на высотные здания становится все более актуальным.

Введение. Это исследование рассматривает методы аэродинамического моделирования, включая численные методы (CFD) и физическое моделирование в аэродинамических трубах, для оценки поведения зданий в условиях ветровых потоков. Оптимизация формы конструкций для снижения сопротивления ветру включает несколько ключевых этапов и методов.

Основные аспекты аэродинамического моделирования:

1. Исследование ветровых нагрузок:

Строитель рассматривает ветер как кратковременную нагрузку и источник вибрации конструкций. Для высоких сооружений и зданий, большепролетных конструкций, мостов и др. ясное представление о структуре ветра, законах распространения, интенсивности его, частоте сильных ветров, порывистости является обязательным условием проектирования, поскольку действие ветра определяет прочность и стоимость конструкции.

Ветровая нагрузка на сооружения стала привлекать внимание строителей еще в прошлом столетии в связи с появлением стальных конструкций мостов больших пролетов.

Ветровая нагрузка на сооружение зависит от скорости и порывистости ветра, параметров конструкции, включая ее динамические характеристики, аэродинамических коэффициентов формы, размеров и положения конструкции относительно потока. Аэродинамические коэффициенты определяют опытным путем.

Ветровая нагрузка на сооружение может быть определена по формуле:

$$Q = n \sum c_x \beta q S$$

где n — коэффициент перегрузки, вводимый при расчете сооружений по предельным состояниям;

c_x — аэродинамический коэффициент — коэффициент лобового сопротивления; q — нормативный скоростной напор ветра на уровне середины рассматриваемого участка сооружения;

β — коэффициент, называемый динамическим, учитывающий реакцию сооружения на действие порывов ветра; S — проекция площади сооружения на плоскость, нормальную к направлению ветра.

2. Компьютерное моделирование:

Применение численных методов, таких как метод конечных объемов (CFD), для симуляции потоков воздуха вокруг модели здания.

Метод конечных объемов (Finite Volume Method, FVM) — это численный метод, широко используемый в вычислительной гидродинамике (CFD) для решения уравнений, описывающих движение жидкости и газа. Применение этого метода для симуляции потоков воздуха вокруг

модели здания позволяет получить детализированное представление о аэродинамических характеристиках и поведении воздушных потоков.

Основные принципы метода конечных объемов

1. Дискретизация области: Пространство, в котором происходит симуляция, разбивается на конечные объемы (ячейки). Каждая ячейка содержит информацию о значениях физических величин (например, скорости, давления, температуры) в своей области.

2. Сохранение потоков: Метод основан на принципе сохранения физических величин (массы, импульса, энергии) через границы ячеек.

3. Формулировка уравнений: Уравнения Навье-Стокса, описывающие движение жидкости и газа, преобразуются в дискретной форме для каждой ячейки.

4. Итерационный процесс: Решение уравнений происходит итеративно, пока не будет достигнута сходимость (изменения между итерациями становятся достаточно малыми).

Далее используется программное обеспечение для аэродинамического анализа (например, ANSYS Fluent, OpenFOAM).

3. Физическое моделирование

Создание масштабированных моделей зданий и проведение испытаний в аэродинамических трубах — это важный этап в архитектурном и инженерном проектировании, позволяющий оценить поведение зданий под воздействием ветра. Этот процесс включает несколько ключевых шагов:

- Проектирование модели

- Масштабирование: Определение масштаба модели (например, 1:50, 1:100) в зависимости от размеров здания и возможностей аэродинамической трубы.

- Материалы: Выбор материалов для создания модели. Обычно используются легкие и прочные материалы, такие как пенополистирол, акрил или другие пластики.

- Детализация: Определение уровня детализации модели.

- Изготовление модели

- Конструирование: Модель здания изготавливается с учетом всех необходимых деталей.

- Сборка: Модель собирается таким образом, чтобы обеспечить прочность и устойчивость при испытаниях.

- Подготовка к испытаниям

- Установка в аэродинамической трубе: Модель устанавливается в рабочей зоне аэродинамической трубы.

- Калибровка оборудования.

- Проведение испытаний

- Создание ветрового потока: В аэродинамической трубе создается поток воздуха с заданной скоростью и направлением, имитирующий реальные условия.

- Измерения: Во время испытаний проводятся измерения давления, сил, действующих на модель, а также визуализация потоков.

- Анализ результатов

- Обработка данных: Полученные данные анализируются для определения аэродинамических характеристик модели, таких как распределение давления, коэффициенты сопротивления и подъемной силы.

- Сравнение с нормативами: Результаты сравниваются с действующими строительными нормами и стандартами для оценки безопасности и устойчивости здания.

- Оптимизация проектирования: На основе полученных данных могут быть предложены изменения в дизайне здания для улучшения его аэродинамических характеристик.

- Применение результатов

- Документация: Все результаты испытаний документируются и могут быть использованы для дальнейшего проектирования или для получения разрешений на строительство.

- Информирование заинтересованных сторон: Результаты испытаний могут быть представлены архитекторам, инженерам и заказчикам для обсуждения возможных изменений или улучшений в проекте.

Оптимизация формы конструкций:

1. Снижение лобового сопротивления (изменение профиля здания, использование обтекаемых форм), упрощение геометрии
2. Разделение потоков.
3. Использование активных и пассивных систем.
4. Адаптация к окружающей среде.
5. Эстетические аспекты.

Заключение. Таким образом, комплексный подход к проектированию высотных зданий, включающий аэродинамическое моделирование, является необходимым условием для обеспечения их безопасности, комфорта и устойчивости в современных условиях. Это открывает новые горизонты для архитекторов и инженеров, стремящихся создать инновационные и устойчивые городские пространства

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Википедия [Электронный ресурс].– Режим доступа: <http://www.ru.wikipedia.org>.– Дата доступа: 02.04.2025;
2. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» [Электронный ресурс].– Режим доступа: <https://cyberleninka.ru>.– Дата доступа: 02.04.2025;
3. Интернет-агенство АВОК [Электронный ресурс].– Режим доступа: <https://www.abok.ru>.– Дата доступа: 02.04.2025;
4. Репозиторий БНТУ [Электронный ресурс].– Режим доступа: <https://rep.bntu.by>.– Дата доступа: 02.04.2025;

ОПТИМИЗАЦИЯ НАГРУЗОК НА ФУНДАМЕНТ НА ПРИМЕРЕ АРХИТЕКТУРНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ МАЛОГО ЖИЛОГО ДОМА

*Потапенко П. Н., Олиферко А. С.
(научный руководитель – Бынькова А. Ю.)
Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь*

Аннотация

В данной статье рассмотрены методы оптимизации нагрузки бутового фундамента на примере архитектурной реконструкции малого жилого дома.

Введение

Решение вопросов социально-экономического и градостроительного значений, как показывает практика, выполняются не только с помощью строительства, но и реконструкции существующих зданий. Сложность реконструкции существующих жилых зданий находит свое отражение в разнообразии способов, среди которых часто встречаются модернизация, восстановление, перестройка, обновление.

Реконструкция объектов строительства - изменение параметров объекта строительства, его частей, в том числе надстройка, перестройка, расширение объекта капитального строительства, а также замена и (или) восстановление несущих строительных конструкций объекта капитального строительства, за исключением замены отдельных элементов таких конструкций на аналогичные или иные улучшающие показатели таких конструкций элементы и (или) восстановления указанных элементов [1].

При реконструкции существующих зданий и сооружений всегда происходят существенные изменения в виде дополнительного нагружения фундамента, которое влечет за собой осадку, неравномерное развитие которой может служить причиной трещины в других основных конструктивных элементах. В архитектурной реконструкции предлагается 2 основных варианта, при которых по результатам геотехнических расчетных обоснований могут вызвать дополнительные осадки фундаментов [2]:

- дополнительные нагружения (замена перекрытия, устройство мансарды, этажей и т. д.);
- углубление.

Решение вопроса о необходимости выполнения усиления фундамента и выборе способа должны предшествовать инженерно-геологические изыскания обследование конструкций существующего фундамента.

Бутовый фундамент

Каменное основание служит надёжной опорой не только для деревянных зданий, но и для тяжёлых домов из кирпича и бетона. Его несущая способность зависит от глубины заложения. Под бани, сараи и лёгкие каркасные постройки бывает достаточно его установки на плотные слои грунта, расположенные сразу под рыхлым плодородным слоем. А для возведения жилых домов его обычно заглубляют ниже уровня промерзания грунта. У этого типа оснований есть достоинства, обусловленные физическими характеристиками природного камня: долговечность, прочность, морозостойкость, влагостойкость, экологичность.[3]

Они позволяют возводить фундаменты без гидроизоляции и внутреннего армирования. А благодаря естественной красоте камня цокольная часть фундамента не нуждается в декоративной отделке.

Малоэтажный жилой дом, на который был подготовлен проект архитектурной реконструкции, имеет бутовый фундамент с размерами 6.23 м*5.28 м*0,5 м



Рисунок 1. Существующий жилой дом (фото)

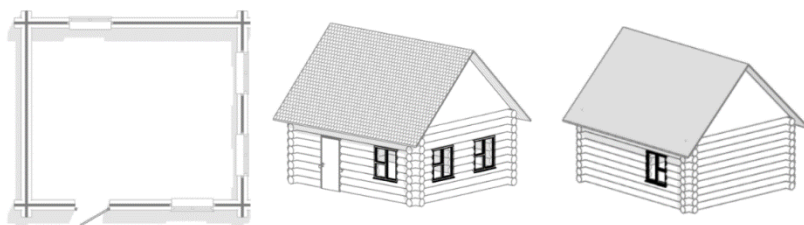


Рисунок 2. Существующий жилой дом (план, аксонометрические виды)

Проект архитектурной реконструкции подразумевает собой замену элементов кровли с изменением ее высоты, обновление существующего фасада здания, оптимизация фундамента и расширение жилого объема, с минимальными изменениями существующего, что подразумевает собой новую пристройку.

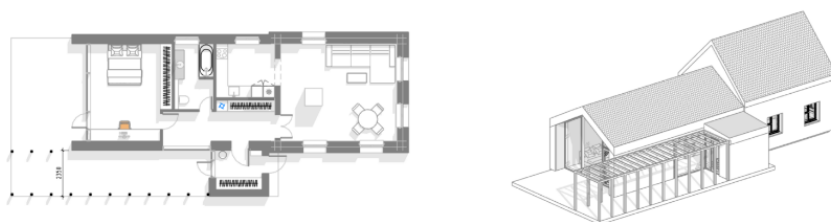


Рисунок 3. Проект архитектурной реконструкции (план, аксонометрические виды)

При расчете существующих нагрузок на фундамент не учитывались геологические исследования почв.

При рассмотрении схемы можно отметить, что на частях фундамента, которые воспринимают нагрузку от кровли достигнуты критические значения, что говорит о необходимом усилении.

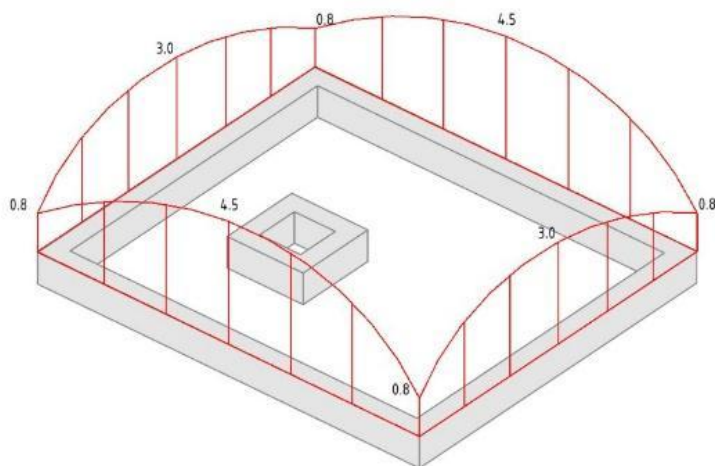


Рисунок 4. Схема нагрузок по существующему фундаменту

Усиление фундамента монолитной плитой

Данный тип усиления представляет собой устройство монолитной плиты внутри сооружения, которая будет принимать часть нагрузки от стен.

Плита может использоваться на сложных грунтах, включая водонасыщенные, подвижные почвы, склонные к переувлажнению и морозному пучению.

При рассмотрении схемы нагрузки после усиления монолитной плитой толщиной 200мм можно заметить, что нагрузки снизились до оптимальных и распределились равномерно по периметру дома.

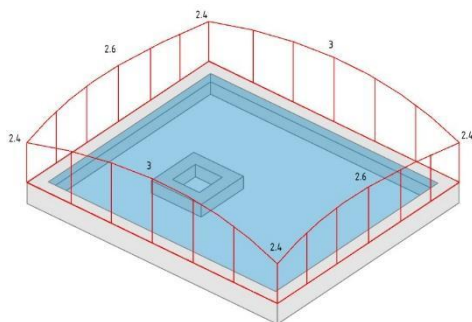


Рисунок 5. Схема нагрузок после усиления монолитной плитой

Усиление фундамента увеличением глубины заложения с расширением

Усиление фундамента может выполняться путем его уширения и углубления. Уширение фундамента без значительного увеличения его глубины производится путем подводки железобетонных плит под подошву существующего фундамента.

При расчете данного варианта была принята глубина дополнительного заложения 1200мм, что обеспечивает оптимальные распределения нагрузок с минимальным расходом материалов.

Официальное издание Госкомархитектуры. ВСН 58-88 (п) М.: Стройиздат. 1990. URL: <http://www.spbgpu-dreem.ru/students/uchmat/vsn58-88.pdf>;

2. Алексеев С.И. Осадки фундаментов при реконструкции зданий: уч. пособие СПб 2009.;

3. URL:/http://www/ stroidomsait.ru.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА МОСТОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ. ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Янушкевич К.Е., Рахунок К.А.

(научный руководитель – Каменецкая К.М.)

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Введение. Термомеханические эффекты являются важным фактором, влияющим на прочность и устойчивость мостовых конструкций. Тепловые воздействия, такие как колебания температуры, приводят к изменению физических свойств материалов и вызывают дополнительные напряжения, которые могут значительно влиять на поведение конструкций.

Влияние температуры на материалы мостовых конструкций. Температура оказывает существенное воздействие на физические свойства материалов, используемых в строительстве мостов. Основные материалы, такие как бетон и сталь, имеют различные коэффициенты температурного расширения α . Это означает, что при изменении температуры происходит изменение размеров элементов моста, что может привести к деформациям и напряжениям в конструкциях.

Бетон, используемый в большинстве современных мостов, подвержен усадке и расширению при изменениях температуры. Эти процессы могут вызвать появление трещин и снижение прочности бетона. Стальные элементы также подвержены термическим воздействиям, которые могут приводить к изменениям механических свойств стали, таким как прочность и пластичность.

Климатические изменения и их последствия для мостов. Изменение климата влечет за собой увеличение частоты экстремальных погодных явлений, таких как сильные морозы, жара, наводнения и штормовые ветра.

Наводнения приводят к повышению уровня воды и увеличению давления на опоры мостов, что может вызывать их смещение или разрушение. Штормовые ветра создают значительные аэродинамические нагрузки, способные повредить несущие элементы мостов.

Основные типы повреждений, возникающие под воздействием высоких температур и климатических факторов:

- тепловое расширение/сжатие;
- коррозионная активность металлов;
- изменение физико-механических характеристик бетона;
- возникновение усталостных трещин.

Методы термомеханических исследований. Для оценки влияния температуры и климатических изменений на мостовые конструкции применяются разнообразные методы исследований. Одним из основных является мониторинг температурных полей и деформаций в элементах моста с помощью датчиков. Это позволяет отслеживать изменения состояния конструкции в режиме реального времени и своевременно выявлять потенциальные проблемы.

Также используются численные методы моделирования, позволяющие прогнозировать поведение мостов при различных температурных режимах и климатических условиях. Такие модели учитывают механические характеристики материалов, геометрию конструкции и внешние воздействия.

Экспериментальные исследования включают испытания образцов материалов на стойкость к температурным нагрузкам, циклическим изменениям температуры и воздействию агрессивных сред.

Расчет на температурные воздействия в ПК Лира. В качестве примера разберем простую задачу расчета прямоугольной железобетонной плиты перекрытия размером 3х6м, толщиной 150мм. Обе стороны плиты свободно оперты по всей длине на ригеля. Район строительства – г. Минск. Эти параметры необходимы для принятия температурных характеристик в соответствии с СН 3.03.01-2019 «Мосты и трубы».

Нормативную температуру воздуха в теплое $t_{n,T}$ время года примем:

$$t_{n,T} = t_{VII} + 9 = 23 + 9 = 32^{\circ}\text{C},$$

где t_{VII} — средняя температура воздуха самого жаркого месяца.

Нормативную температуру в холодное время года $t_{n,X}$ будем считать равной -28°C , то есть расчетной минимальной температуре воздуха в районе строительства в соответствии с СНБ 2.04.02-2000 «Строительная климатология».

Влияние солнечной радиации на температуру элементов следует учитывать в виде дополнительного нагрева на 10°C освещенного солнцем поверхностного слоя толщиной $0,15\text{м}$.

Тогда, зададимся следующими нагрузками (рис. 1):

- собственный вес плиты;
- распределенная нагрузка $q = 2,5\text{т/м}^2$;
- температурное воздействие по полю пластины (теплое время года) $t_1 = 32^{\circ}\text{C}$, $t_2 = 42^{\circ}\text{C}$;
- температурное воздействие по полю пластины (холодное время года) $t_1 = -28^{\circ}\text{C}$, $t_2 = -18^{\circ}\text{C}$.

На рис. 1 приведена картина распределения моментов M_x от температурного воздействия по полю пластины в теплое время года. Наибольшему напряжению $1,6-1,78\text{т/м}$ подвергаются центральные части плиты в месте ее закрепления.

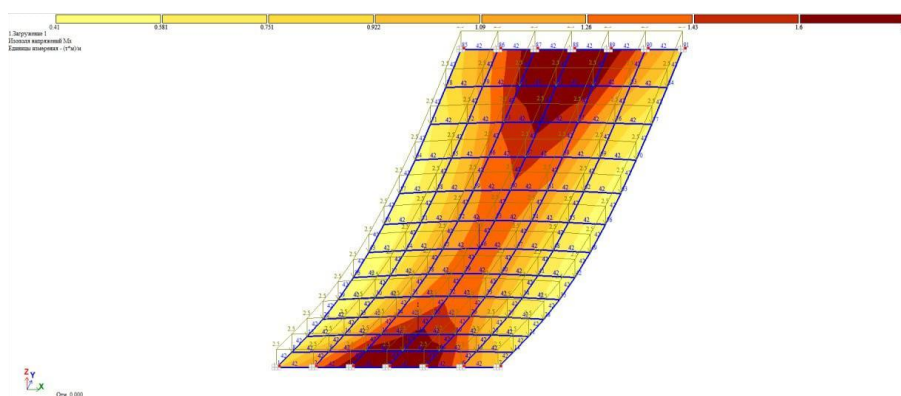


Рисунок 1. – Изополя напряжений M_x при температурном воздействии по полю пластины в теплое время года

На рис. 2 показана картина распределения моментов M_x от температурного воздействия по полю пластины в холодное время года. Наибольшему напряжению от $-1,21$ до $-1,06\text{ т/м}$ также подвергаются центральные части плиты в месте ее закрепления.

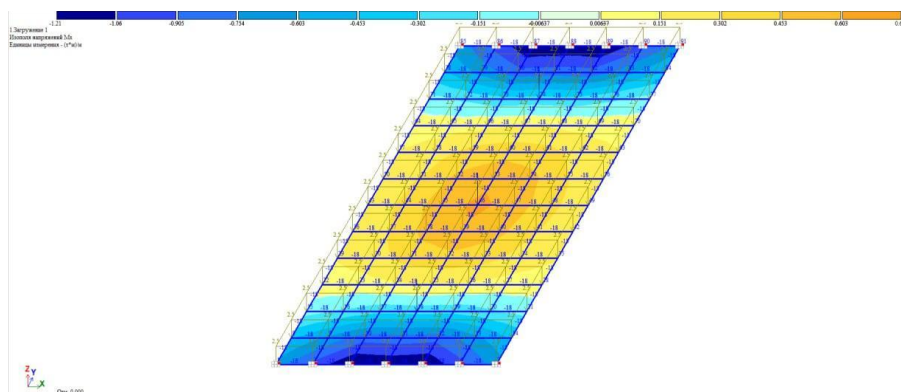


Рисунок 2. – Изополя напряжений M_x при температурном воздействии по полю пластины в холодное время года

Заключение. Анализ температурных воздействий на железобетонную плиту моста указывает на необходимость учета данных воздействий и других климатических изменений, что в дальнейшем требует разработки специальных методик проектирования и диагностики, обеспечивающих надежное функционирование мостов в современных условиях.

Будущие направления исследований включают углубленный анализ взаимодействия температурных полей и внутренних напряжений, а также разработку инновационных технологий повышения надежности мостов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мосты и трубы: СН 3.03.01-2019. – Введ. 31.10.2019 (с отменой ТКП45-3.03-232-2018). – Минск: Министерство архитектуры и строительства, 2019. – 278 с.;
2. Строительная климатология: СНБ 2.04.02 – 2000. – Введ. 07.12.2000 (с отменой в РБ СНиП 2.01.01-82 в части требований строительной климатологии). – Минск: Министерство архитектуры и строительства, 2000. – 37 с.;
3. ЛИРА софт: [сайт]. – Москва, 2013–2025. – URL: <https://lira-soft.com/> (дата обращения: 14.04.2025).

ДИНАМИКА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПРИРОДНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ В ТАДЖИКИСТАНЕ

Бобоев Д. Х.

(научный руководитель – Вабищевич Н. И.)

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Аннотация. Статья представляет собой использование различных методов и конструкций для усиления прочности и устойчивости сооружений, в частности, в сейсмоопасных зонах Таджикистана. Аналогом таких решений выступают примеры из мировой практики.

Введение

От угрожающих геологических явлений, среди которых землетрясения считаются наиболее опасными и разрушительными, не застрахован ни один город. Изменение нагрузки на земную кору является одной из причин создания напряжений в земной коре, которые могут вылиться в землетрясения, тем самым город порождает вторичные факторы потенциальной сейсмической опасности.

Сейсмические зоны могут влиять также на архитектуру Таджикистана: облик здания, этажность, сложные в плане здания и т.д.

Я живу в сейсмически опасной зоне, и меня не могут не волновать те изменения, которые происходят в условиях города на моих глазах.

Основная часть

Основы динамики сооружений

Динамика сооружений является наукой, занимающейся разработкой принципов и методов расчета сооружений на воздействие различных динамических нагрузок. Динамика сооружений изучает механические колебания сооружений.

Целью динамического расчета сооружений является обеспечение их несущей способности при совместном действии статических и динамических нагрузок, а также ограничение уровня колебаний для исключения вредного влияния колебаний на людей и на технологические процессы.

Рассмотрим 4 задачи динамики:

1. Определение частот и форм собственных колебаний;
2. Проверка на резонанс;
3. Проверка динамической прочности;
4. Проверка динамической жесткости.

Колебательная система — это сооружение, в котором, в результате нарушения равновесия, возникают те или другие колебания. Такие колебательные системы могут быть диссипативными и консервативными.

Диссипативные системы — это системы, в которых происходит диссипация, т. е. рассеяние энергии. В реальных сооружениях рассеивание энергии происходит всегда. Также ее называют системой с демпфированием либо системой с затуханием. В системах с демпфированием циклы колебаний отличаются друг от друга.

Система, в которой рассеиванием энергии пренебрегают, называется консервативной системой. В отличие от диссипативных систем, в консервативных системах циклы колебаний не отличаются друг от друга.

Примеры диссипативной системы:

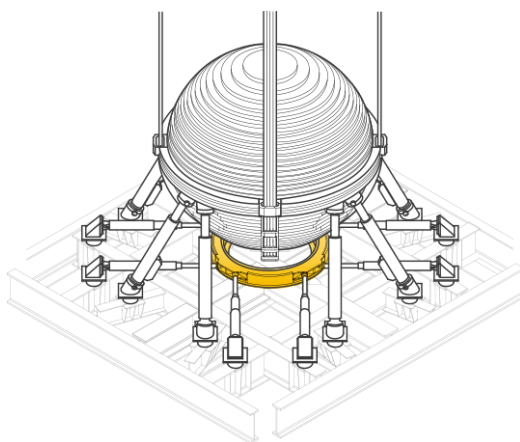


Рисунок 1. - Инерционный демпфер на высотном здании «Тайбэй 101»

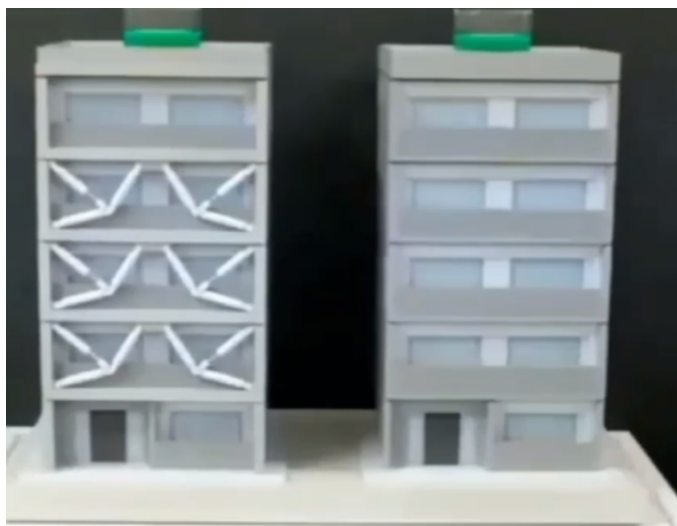


Рисунок 2. – Инерционные гасители

Сейсмическая изоляция фундамента

Сейсмическая изоляция — повышение сейсмостойкости зданий и построек, для способности выстоять расчётное землетрясение без полного разрушения и с минимальными человеческими жертвами, с использованием специальных конструктивных элементов.



Рисунок 3. - Пример конструкции фундамента

Заключение

Сложные времена требуют более новых и современных методов строительства в экстремальных условиях среды и приходится адаптировать здания под условия среды для более комфортной жизни людей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хазов П.А. Динамика строительных конструкций при экстремальных природных воздействиях: колебания, прочность, ресурс [Текст]: монография / П.А. Хазов, Д.А. Кожанов, А.М. Анущенко, А.А. Сатанов; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н.Новгород: ННГАСУ, 2022. - 96 с. ISBN 978-5-528 00475-4;
2. Динамика и устойчивость сооружений: учеб. пособие / А. К. Рябухин, Д. В. Лейер, Н. Н. Любарский. – Краснодар: КубГАУ, 2020. – 171 с.;
3. Википедия [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Сейсмическая_изоляция – Дата доступа: 15.04.2025.

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНОГО ОБЪЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЛАКА ТОЧЕК

*Савина Е.Н., ассистент
(научный руководитель – Яковлев А.А., ст. преподаватель)
Кафедра «Мосты и тоннели»
Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь
+375173749677, mit_ftk@bntu.by*

Аннотация.

В статье рассматривается концепция создания цифровой модели моста на базе облака точек. Предложена методика, обработки облака точек и взаимодействие с основными конструктивными элементами сооружения. Отображена работа с продольными и поперечными разрезами облака точек, с учетом привязки к осям сооружения и продольной оси моста. Определены критерии геометрического центра элемента и всего сооружения.

Показаны результаты работы используя предложенную методику в виде переработанного облака точек, основные конструктивные элементы после устранения дефектов. Выполнен экспорт результатов обработки данных облака точек в программный комплекс «Revit», разработана и создана цифровая модель моста на базе BIM технологии, разработаны индивидуально отдельные семейства конструктивных элементов, получена адекватная расчетная схема транспортного сооружения.

Введение.

Технология создание цифровых двойников постепенно внедряется в отрасль транспортных сооружений, что способствует появлению возможности автоматизации и оптимизации инженерных задач с учетом всего жизненного цикла объекта. Основой является использование фактически полученного облака точек моста или другого транспортного сооружения с использованием БПЛА, стационарного сканирующего оборудования или телефона с применением специализированного оборудования.

Основная часть.

Имея значительный опыт сканирования объектов различного профиля с 2014 года, было замечено, что почти на всех объектах присутствуют отклонения от проекта. В зависимости от уровня подрядной организации, осуществляющей строительство, иногда отклонения имели значительную величину и анализ полученных данных по облаку точек позволял оперативно устранять выявленные дефекты. Цикличность выполнения сканирования моста позволяет собирать информацию о техническом состоянии сооружения и выполнять оценку интенсивности его физического износа с учетом времени, выявляя отдельные элементы и конструкции, которые имеют критические величины, что оптимизирует затраты на обслуживание и эксплуатацию за счет точечного контроля. Полученные результаты в виде облака точек визуализируют основные конструктивные элементы, что позволяет их изучить более детально, используя 3D инструменты, а также использовать как подоснову для разработки отдельных семейств элементов при создании цифровой модели с применением программного обеспечения «REVIT» или его аналогов. На сегодняшний день из-за небольшого опыта создания цифровых моделей транспортных сооружений отсутствует нормативная база для определения критерия величины погрешности измерений. Преобразование модели объекта из LOD 100 в LOD 500 позволяет сохранить все статические данные о жизненном цикле сооружения. При необходимости выполнения работ по мониторингу сооружения в реальном времени все динамические данные можно интегрировать в BIM модель или использовать другие варианты хранения и отображения данных, например, использовать виртуальную реальность (цифровой технический паспорт объекта). Созданную модель в «REVIT» на основе

облака точек можно экспортировать в расчетный программный комплекс (на сегодняшний день их значительное количество не требующих подтверждения наличия лицензии). Схема последовательности выполнения работ представлена на рисунке 1.

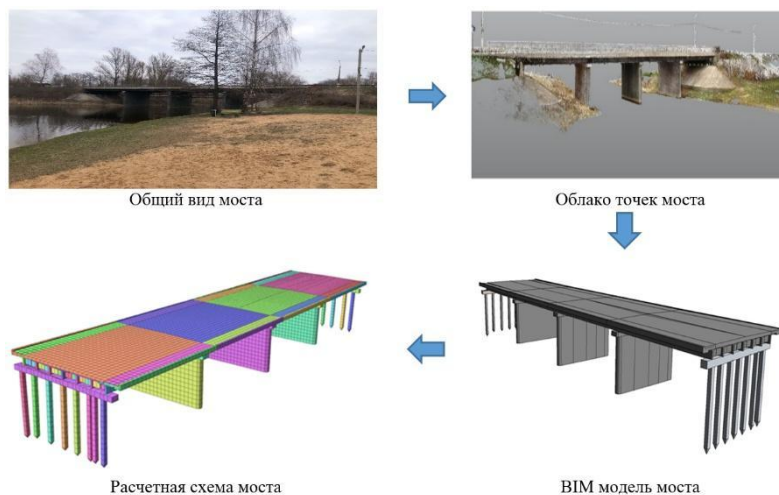


Рисунок 1. – Схема последовательности выполнения работ

Выполнив сканирование моста, получили облако точек, используя программное обеспечение «ReCap», определили плотность облака точек и наличие дефектов сооружения (рис. 2). Их величина не превышала 10 %.

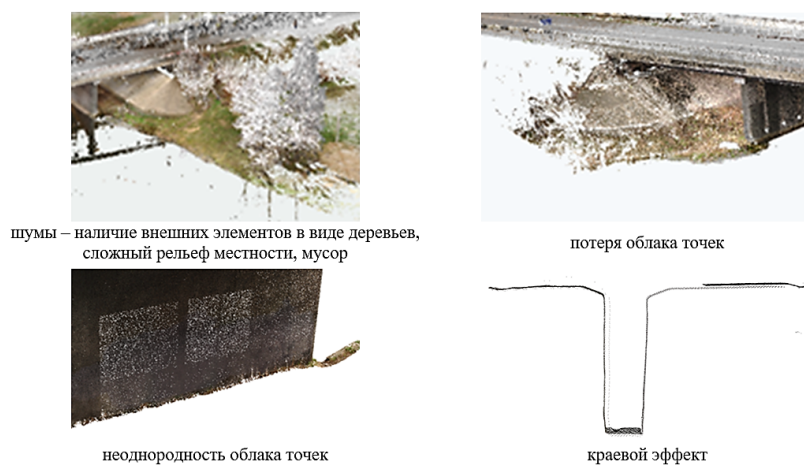


Рисунок 2. – Дефекты облака точек

Далее очистили от элементов, не относящихся к объекту, и выделили основные конструктивные элементы (рис. 3). Для определения величины отклонений от проекта и определения продольных и поперечных уклонов транспортного сооружения были сделаны поперечные разрезы облака точек (рис. 4). Определили критические места отклонений смонтированных строительных конструкций, выбрали элементы имеющие минимальные расхождения и определили геометрический центр для каждой балки для упрощения создания цифровой модели моста (рис. 5).



Рисунок 3. – Обработка исходных данных транспортного сооружения



Рисунок 4. – Поперечный разрез облака точек моста



Рисунок 5. – Поперечный разрез облака точек балки пролетного строения

Имея геометрические координаты начала оси моста, было привязано облако точек с учетом маркировки береговых и промежуточных опор (рис. 6).

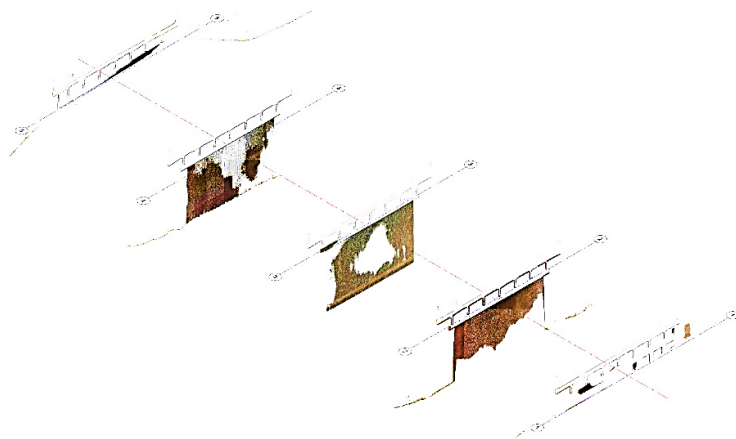


Рисунок 6. – Схема расположения опор с привязкой к оси моста

Заключение. Используя фактическое облако точек и типовую серию отдельных конструктивных элементов, были разработаны семейства и преобразованы в цифровую модель объекта с учетом фактических геометрических характеристик (рис. 1). В зависимости от задачи модель наполняется до LOD 500, что позволяет применять 5D – 10D BIM измерения с учетом уровня зрелости и создавать адекватную расчетную схему транспортного сооружения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Зобов П.Г. Современные методы 3D-сканирования при размерном анализе судовых моделей с учетом их аддитивного изготовления / П. Г. Зобов, А. В. Дектярев, В. Н. Морозов // Известия КГТУ. – 2019. – № 53. – С. 151-161. – EDN QWZXJZ.;
2. Миненко М.В. Способы восстановления 3D сцены по двумерным изображениям / М. В. Миненко // Молодежная школа-семинар по проблемам управления в технических системах имени А.А. Вавилова. – 2019. – Т. 1. – С. 47-50. – EDN RVASFD.;
3. Бегляров Н.С. Применение универсальной технологии сбора геопространственных данных при изысканиях //ББК 38.2 с23. – 2020. – с. 30.;
4. Пиримов Ж.Ж. Использование ортофотопланов для работы кадастра с помощью фотограмметрических методов и геоинформационных систем //Поколение будущего: Взгляд молодых ученых-2021. – 2021. – С. 295-299.;
5. Тихонов С.Г., Хрущев А.С. Создание 3D моделей декораций космической станции по результатам трёхмерного сканирования и фотограмметрической съёмки для фильма «Салют-7» // Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. От идеи до внедрения. Сборник материалов II международной научно-практической конференции. 8-10 ноября 2017 г., Санкт-Петербург. – СПб., 2017. –С. 166-167.;
6. Маньяков Ю.А., Архипов П.О., Ставцев П.Л. Метод интеграции трехмерных моделей в сцену в процессе трехмерной реконструкции // Системы высокой доступности. 2022. Т. 18. № 4. С. 16-27. DOI: <https://doi.org/10.18127/j20729472-202204-02>.;
7. Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и ее применение / А.В. Скворцов. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 2002. - 128 с.;
8. Редько А.В., Глебов С.А. Применение методов фильтрации в задаче построения поверхности по облаку точек //Электронный журнал: наука, техника и образование. – 2017. – №. СВ2. – С. 92-97.;
9. Ботяновский, А.А. Применение BIM-технологий и новейшего оборудования при исследовании фактического технического состояния мостового сооружения / А.А. Ботяновский, В.Г. Пастушков // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2015. – № 1. – С. 342-345.;
10. Гинзбург, А.В. BIM-технологии на протяжении жизненного цикла строительного объекта / А. В. Гинзбург // Информационные ресурсы России. – 2016. – № 5(153). – С. 28-31.
11. Деменев, А.В. Информационное моделирование при эксплуатации зданий и сооружений / А.В. Деменев, А.С. Артамонов // Интернет-журнал «Науковедение». – 2015. – Том 7. – № 3. – С. 21-29.
12. Красковский, Д. Преимущества BIM-технологии в единстве источника информации об объекте / Д. Красковский // САПР и графика. – 2015. – № 12(230). – С. 62-63.;
13. Морина, Е.А. BIM-технологии в мостовом проектировании, Строительство уникальных зданий и сооружений / Е.А. Морина, А.И. Макаров // 2017. – №6 (57). – С. 30-46.;
14. Мустафин, Н.Ш. Анализ возможности внедрения в строительство технологии информационного моделирования зданий программами вида BIM / Н.Ш. Мустафин, А.А. Барышников, А.М. Спрыжков // Региональное развитие. – 2015. – № 8. – С. 9-10.;
15. Полуэктов, В.В. Российский опыт применения BIM в архитектуре и градостроительстве / В.В. Полуэктов // Современные технологии и методики в архитектурно-художественном образовании. – 2016. – С. 179-181.;
16. Румянцева, Е.В. BIM-технологии: подход к проектированию строительного объекта как единого целого / Е.В. Румянцева, Л.А. Манухина // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. – 2015. – № 5(18). – С. 33-36.;
17. Скворцов, А.В. Модели данных BIM для инфраструктуры / А.В. Скворцов // САПР и ГИС автомобильных дорог.– 2015. – № 1(4). – С. 16-23.

КРИПТОВАЛЮТЫ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

Колос М.А.

(научный руководитель – Стрелюхин А.В.)

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Аннотация. Цель настоящей работы – рассмотреть современные аспекты развития криптовалют, их влияние на мировую экономику, вопросы регулирования и безопасности, а также перспективы их дальнейшего развития.

Введение

Криптовалюта – это цифровая или виртуальная валюта, использующая криптографию для обеспечения безопасности транзакций [1]. В отличие от традиционных валют, она не контролируется ни государством, ни центральным банком. Основной технологией, лежащей в основе криптовалют, является блокчейн.

Основные понятия

Блокчейн – это технология распределенного реестра, которая позволяет хранить информацию в виде последовательных блоков, связанных друг с другом [2]. Каждый блок содержит набор транзакций, и после его заполнения добавляется в цепочку блоков.

Ключевые принципы блокчейна [2]:

- децентрализация – данные хранятся на множестве компьютеров (узлов) в сети, что делает их более защищенными от взлома;
- прозрачность – все транзакции видны всем участникам сети;
- безопасность – информация в блокчейне шифруется с использованием криптографических методов и практически не подвержена изменениям.

Разновидности криптовалют

Среди криптовалют в зависимости от их цены и сфер применения выделяют:

- Биткойн (Bitcoin) – первая и наиболее известная криптовалюта, созданная в 2009 году Сатоши Накамото [1]. Она используется в качестве цифрового аналога золота и считается основным средством сбережения;
- Эфириум (Ethereum) – появилась в 2015 году и предложила новую концепцию "умных контрактов" — программируемых транзакций, которые автоматически исполняются при выполнении определенных условий [3];
- другие криптовалюты (Litecoin, Ripple и др.) – каждая из которых имеет свои уникальные особенности.

Криптовалюты в мировой экономике

Криптовалюты изменили подход к финансам и инвестициям. Они предоставляют новый класс активов, который сильно отличается от традиционных финансовых инструментов. Биткойн, как цифровое золото, стал популярным средством сбережения и хеджирования рисков, особенно в периоды экономической нестабильности. Эфириум, со своими умными контрактами, открыл новые возможности для децентрализованных финансов, предлагая альтернативу традиционным банковским услугам [4].

Регулирование криптовалют и законодательные инициативы

Учитывая «реальность» криптовалют, подходы к их регулированию в разных странах различаются [4]:

- США – в этой стране криптовалюты регулируются как ценные бумаги, товары и деньги, в зависимости от их использования. Комиссия по ценным бумагам и биржам особенно активна в регулировании новых крипто-проектов;

- Китай – правительство Китая придерживается жесткой позиции, запрещая большинство операций с криптовалютами и стимулируя развитие цифрового юаня;
- Европейский Союз – в ЕС действуют правила по борьбе с отмыванием денег и финансированием терроризма, а также планируется внедрение регламента Markets in Crypto-Assets Regulation для создания единых стандартов регулирования криптоактивов.

Многие страны вводят новые законодательные меры для регулирования криптовалют:

- США – законопроект о криптовалютных биржах и защите инвесторов, предлагающий создать более жесткие правила для защиты инвесторов и противодействия мошенничеству;
- ЕС – регламент MiCA, который должен установить четкие правила для всех участников крипторынка в Европе, а также повысить прозрачность и защиту потребителей;
- Россия – закон "О цифровых финансовых активах" регулирует выпуск и обращение цифровых финансовых активов, вводит требования к операторам обмена криптовалют и устанавливает порядок налогообложения.

Технологические аспекты

Майнинг – это процесс, в котором новые блоки транзакций добавляются в блокчейн, а новые монеты вводятся в оборот. Майнеры используют мощные компьютеры для решения сложных криптографических задач. Этот процесс включает в себя следующие этапы [2]:

- валидация транзакций – майнеры проверяют, что транзакции действительны и соответствуют правилам сети;
- создание блока – после проверки транзакции объединяются в блок;
- решение криптографической задачи – чтобы добавить блок в блокчейн, майнеры должны найти решение для сложного математического уравнения. Первому, кто решит эту задачу, предоставляется право добавить блок в блокчейн;
- награда – майнеры получают награду в виде новых монет и комиссий за транзакции.

Экономика майнинга

Экономика майнинга в основном заключается в гигантских затратах на электроэнергию и не менее маленькую прибыль [2].

Затраты на оборудование – высокопроизводительные майнинг-фермы требуют значительных инвестиций в специализированное оборудование.

Энергетические затраты – майнинг потребляет огромное количество электроэнергии, что влияет на счета за электричество и вызывает экологические проблемы.

Прибыльность – прибыль майнинга зависит от текущей цены криптовалюты, сложности задач и затрат на электроэнергию. При высоких затратах на электроэнергию или падении цен на криптовалюту прибыльность майнинга может значительно снизиться.

Безопасность и защита средств

Криптовалюты привлекают внимание хакеров из-за своей высокой стоимости и анонимности транзакций [4].

Основные типы хакерских атак включают:

- фишинг – мошенники создают поддельные сайты или отправляют фальшивые письма, чтобы выманить у пользователей их личные данные;
- вредоносное программное обеспечение – специальные программы, которые могут захватить контроль над устройствами пользователей и похитить криптовалютные ключи.

Основные способы защиты от хакеров:

- аппаратные кошельки – устройства, которые хранят приватные ключи оффлайн, обеспечивая высокий уровень безопасности;
- двухфакторная аутентификация – дополнительный уровень защиты, требующий подтверждения входа с помощью второго устройства или приложения;
- использование надёжных платформ – выбор проверенных криптовалютных бирж и сервисов с высоким уровнем защиты.

Сами транзакции с помощью блокчейна также защищают себя от взлома. Безопасность транзакций в криптовалютах обеспечивается следующими методами:

- криптография – все транзакции шифруются с использованием сложных математических алгоритмов, что делает их практически неуязвимыми для взлома;
- прозрачность и неизменяемость – все транзакции записываются в блокчейне, что делает их проверяемыми и неизменяемыми после добавления в реестр;
- децентрализация – отсутствие единой точки отказа снижает риски кибератак.

Перспективы развития криптовалют и прогнозы на будущее

Расширение применения – криптовалюты могут стать более широко используемым средством платежа и инвестиций, особенно в развивающихся странах и регионах с ограниченным доступом к традиционным банковским услугам [4].

Интеграция с традиционными финансовыми системами – банки и финансовые учреждения могут начать предлагать услуги, связанные с криптовалютами, что увеличит их легитимность и устойчивость.

Технологические инновации – разработка новых технологий, таких как квантовые криптовалюты и блокчейн 2.0, может изменить ландшафт криптовалютного рынка.

Экологические проблемы – увеличение потребления энергии для майнинга криптовалют может привести к росту экологических проблем и вызовов.

Заключение

Криптовалюты открывают новые горизонты для инвестиционной деятельности, но требуют от участников осознания связанных рисков. Эволюция законодательных инициатив и развитие технологий будут определять дальнейшее внедрение цифровых валют и их интеграцию в повседневную жизнь. В конечном итоге, способность криптовалют адаптироваться к изменениям в глобальной экономике и регулированию будет ключевым фактором их успешного будущего. Таким образом, криптовалюты не только изменяют ландшафт финансов, но и поднимают важные вопросы о природе денег, ценности и доверия в цифровую эпоху.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Satoshi Nakamoto, Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System.;
2. Andreas M. Antonopoulos, Mastering Bitcoin: Unlocking Digital Cryptocurrencies.;
3. Vitalik Buterin, Ethereum White Paper – A Next-Generation Blockchain Service Contract and Decentralized Application Platform.;
4. Coindesk [Electronic resource] – Mode of access: <https://www.coindesk.com/> – Date of access: 30.03.2025.

BIM ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Береснев Д.В.

(научный руководитель – Ерохина Ю.А.)

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Аннотация. В данной работе рассматривается использование технологии информационного моделирования зданий (Building Information Model, BIM) в современном строительстве. Исследуется эволюция данной технологии, её функциональные характеристики, а также выявляются преимущества и недостатки анализируемой технологии.

Введение

За последние сто лет произошел значительный скачок в области архитектурно-строительного проектирования. Современные конструкции зданий и сооружений характеризуются значительным усложнением архитектурно-инженерных решений, что вызвало необходимость разработки инновационных методов проектирования и строительства. Эти методы направлены на удовлетворение возрастающих требований к функциональности, безопасности и эффективности использования строительных материалов и технологий. Данная технология должна была позволить проектировать здания сложной конфигурации без лишних затрат. Так появилась технология информационного моделирования зданий (BIM).

История создания

До появления компьютерных систем любой проектируемый объект создавался на бумаге в виде чертежа, а иногда возникала необходимость в использовании макета будущего сооружения.

Уже в девятнадцатом веке назрела потребность в новом подходе к проектированию, но из-за недостаточного уровня технического прогресса реализация этой идеи была затруднена. Только с появлением первых ЭВМ стало возможным создание первых прототипов BIM.

Необходимый уровень научно-технического развития был достигнут после Первой мировой войны. Одним из ключевых достижений этого периода стало создание электронных вычислительных машин, которые позволили внедрить новые методы проектирования.

В 1960-е годы была разработана новая концепция, получившая название Computer-Aided Design (CAD). Эта инновация ознаменовала собой значительный прогресс в области технологий проектирования, существенно изменив подходы и методы работы в данной сфере. Внедрение CAD позволило автоматически производить вычисления, минимизировало риск ошибок, так как в ней отпала необходимость в разработке обширной проектной документации, включающей тысячи чертежей [1]. Но сохранилась значительная проблема – это вычислительная мощность электронных машин, что в определенной мере сдерживало развитие технологии.

Переход от CAD к BIM

Научно-технический прогресс продолжался непрерывно, что стимулировало развитие информационных технологий. Благодаря появлению компактных персональных компьютеров, возможности применения компьютерного моделирования возросли в несколько раз.

Следствием этого стало появление в 1982 году программы AutoCAD от компании Autodesk. Новая программа значительно расширила возможности проектирования. Появилась возможность создавать электрические сети, вентиляционные каналы, каркасы и интерьеры зданий. Появление программного обеспечения AutoCAD стало катализатором постепенного перехода от использования бумажных чертежей к цифровым технологиям в области проектирования.

Информационная модель зданий

Building Information Model (BIM) – информационная модель здания. Это специальным образом организованная и управляемая информация об объекте, которая используется на стадии проектирования, строительства, эксплуатации и сноса сооружения [1].

В такой концепции данные о сооружении создают виртуальную структурированную модель с параметрами, которые имеют конкретную геометрическую привязку. Концепция подразумевает под собой «безбумажное» проектирование.

Одно из важнейших нововведений – возможность создавать трехмерные объекты, что в значительной степени облегчало работу инженеров и способствовало нахождению новых технических решений в строительстве и архитектуре.

Управление жизненным циклом изделия

PLM (Product Lifecycle Management) — это система управления жизненным циклом изделия, разработанная компанией Dassault Systems в 1998 году [2]. Она обеспечивает интеграцию данных из справочных, технологических и конструкторских систем в едином интерфейсе программного обеспечения. Данная система оптимизирует процессы проектирования, производства и эксплуатации изделий, повышая их эффективность и качество.

Autodesk Revit

Программное обеспечение может применяться для генеративного проектирования, в котором есть строгие ограничения и конкретно прописанные цели. Программа подходит для одновременной работы нескольких специалистов в рамках одного проекта, при этом все изменения и данные будут сохраняться в едином централизованном файле. Подход помогает сократить временные затраты и улучшить коммуникацию между проектировщиками. Autodesk Revit предоставляет возможности для создания подробных спецификаций, которые дают полное и точное представление о каждой модели в рамках всего проекта.

Существует потенциал для использования этого программного обеспечения для архитектурного проектирования, проектирования инженерных систем, строительных конструкций.

Достоинства:

- позволяет создавать подробные чертежи, визуализацию и анимацию проектов;
- дает возможность создания как архитектурной, так и инженерной частей проекта.

Недостаток: требует мощного вычислительного оборудования для эффективной работы.

Tekla Structures

Tekla Structures представляет собой инструмент для инженеров-проектировщиков, техников-проектировщиков и изготовителей строительных конструкций. Это интегрированное решение для трехмерного моделирования, позволяющее управлять базами данных различных материалов [3]. Tekla Structures поддерживает интерактивное моделирование, расчет и проектирование строительных конструкций, а также автоматическое создание чертежей.

Достоинства:

- прямая связь с моделью, способствующая легкому структурированию данных;
- облегчённый обмен данными в рамках системы проектирования.

Недостаток – наличие параметров, не востребованных в работе, которые необходимо отфильтровывать вручную.

Заключение

Технология информационного моделирования зданий и сооружений (BIM) является значительным шагом вперёд в области проектирования, способствуя повышению эффективности и экономической целесообразности этого процесса.

BIM позволяет создавать сложные архитектурные объекты, а возрастающие потребности архитекторов и научно-технический прогресс стимулируют дальнейшее развитие этой технологии.

Дальнейшее совершенствование BIM-технологий способствует упрощению, ускорению и удешевлению строительного процесса, что оказывает значительное влияние на итоговую стоимость и качество проектов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий / В.В. Талапов. – Москва: ДМК Пресс, 2011. – 392 с.;
2. Интернет-портал vs.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vc.ru/u/990440-1s-oxtron/326144-chto-takoe-plm-sistema-i-kakie-vygody-ona-daet-predpriyatiyu>. – Дата доступа: 02.04.2025.;
3. Интернет-портал sapr.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sapr.ru/article/24697>. – Дата доступа: 02.04.2025.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДАННЫХ

Петрова С.П.

(научный руководитель – Ерохина Ю.А.)

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Аннотация. В настоящей работе рассматривается понятие «исследование данных» и его применение в различных сферах деятельности человека. Показано, как именно происходит процесс исследования и какие результаты можно получить при их использовании.

Введение

Под исследованием данных понимают комплексный процесс, позволяющий не просто собирать информацию, а превращать ее в полезные знания, которые помогают решать реальные проблемы и принимать эффективные решения.

Историческая справка

В качестве основоположников развития теории исследования данных можно выделить следующих ученых и их научные работы:

Дэвид Бейкер является создателем первой системы сбора данных, которые использовались в медицинских целях для диагностики болезней и прогнозирования осложнений. Основной идеей являлось использование вычислительных методов для разработки и предсказания структуры и функций белков, а также для создания новых белков с заданными свойствами [1].

Джеймс Саймонс – основатель компании «Renaissance Technologies», которая известна своей успешной торговой стратегией, основанной на математических моделях, исследовании и анализа данных. Предложил собирать и анализировать огромные объемы данных из различных источников (финансовые рынки, новости, социальные сети и т.д.), чтобы выявить статистические закономерности и аномалии, которые могут быть использованы для прогнозирования цен [2].

Крис Андерсон – автор книги «Длинный хвост», в которой доказал важность анализа данных для понимания потребительских предпочтений и формирования стратегии маркетинга. Концепция данной книги повлияла на индустрию развлечений, способствуя развитию стриминговых сервисов, радио и платформ, предлагающих широкий выбор контента [3].

Этапы исследования данных

1. Сбор данных. Первоначально определяется источники данных и сбор этих данных. В качестве источников могут выступать базы данных, файлы, сенсоры, социальные сети, веб-сайты и др.

2. Очистка данных. Собранные данные часто содержат ошибки, погрешности, пропуски и несоответствия. Под очисткой данных понимают процесс устранения таких проблем, что позволяет получить надежные и точные данные для их дальнейшего анализа.

3. Анализ данных включает в себя использование различных методов и технологий для изучения данных и выявления скрытых закономерностей и тенденций. В зависимости от целей исследования, используются различные методы статистического анализа, машинного обучения, визуализации данных и другие методы.

4. Интерпретация результатов. На основе результатов анализа данных делаются выводы и формулируются рекомендации. Интерпретация результатов анализа должна обеспечить доступность и однозначность понимания для всего круга заинтересованных лиц, вне зависимости от их специализированных знаний.

Методы исследования данных

Задачи, возникающие при анализе информации, достаточно разнообразны. В связи с этим качестве методов исследования данных выделяют следующие.

Статистический анализ – это способ проверки программного кода без его фактического запуска.

Машинное обучение – использует алгоритмы для обучения компьютера на основе данных и построения моделей, которые могут предугадывать будущие события или результаты. Есть несколько видов машинного обучения: ансамблевые методы, обучение с подкреплением, классическое и глубокое обучение [4].

Визуализация данных – представляет данные в виде графиков, диаграмм, карт и других визуальных изображений, что позволяет лучше понять структуру данных и выявлять скрытые тенденции.

Корреляционный анализ – анализ, который показывает насколько сильно изменения в одной переменной связаны с изменениями в другой переменной.

Примеры исследования данных в разных сферах

В настоящее время интерес к исследованию данных возрастает в самых разных областях человеческой деятельности. В качестве примера можно привести следующее [4]:

- бизнес: анализ покупательских предпочтений, оптимизация маркетинговых кампаний, прогнозирование продаж;
- наука, в частности медицина: изучение климата, моделирование экосистем, открытие новых лекарств, диагностика болезней, разработка новых методов лечения, прогнозирование осложнений;
- социальные сети: анализ поведения пользователей, идентификация трендов, борьба с дезинформацией;
- производство: разработка системы, которая предсказывает вероятность поломки оборудования в ближайшем будущем, позволяя проводить профилактическое обслуживание и предотвратить дорогостоящие простои;
- транспорт и логистика: разработка наиболее эффективных маршрутов доставки, сокращение времени и затрат на транспортировку;
- образование: разработка для каждого студента индивидуальной программы обучения, соответствующую его потребностям и способностям;
- энергетика: разработка модели, которая с высокой точностью предсказывает выработку электроэнергии, позволяя эффективно планировать распределение электроэнергии и т.д.

Ответственность и этические аспекты исследования данных

В вопросах исследования данных возникают моменты, связанные с этическими аспектами [5].

1. Важно учитывать конфиденциальность личной информации и защищать данные от несанкционированного доступа.
2. Необходимо обеспечивать справедливое и непредвзятое использование данных.
3. Важно обеспечить прозрачность и подотчетность в процессе исследования данных.

Заключение

Исследование данных – это мощный инструмент, который позволяет получать ценную информацию из данных и применять ее для решения реальных проблем. В будущем исследование данных будет играть еще более важную роль в развитии здравоохранения (прогнозирование эпидемий и оптимизация распределения ресурсов), транспорта (автономное вождение, прогнозирование трафика), финансах (оценка кредитного риска, обнаружение мошеннических транзакций) и др.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Нобелевскую премию по химии присудили за изучение структуры белков, Интерфакс: В мире [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.interfax.ru/world/985929>. – Дата доступа: 08.04.2025;

2. Саймонс Джеймс Харри-Рувики: Интернет-энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
https://ru.ruwiki.ru/wiki/%D0%A1%D0%B0%D0%B9%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D1%81_%D0%94%D0%B6%D0%B5%D0%B9%D0%BC%D1%81_%D0%A5%D0%B0%D1%80%D1%80%D0%B8%D1%81. – Дата доступа: 08.04.2025;
3. Крис Андерсон: «Длинный хвост» технологий, Идеономика – Умные о главном [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ideanomics.ru/lectures/14759>. – Дата доступа: 08.04.2025;
4. РБК Тренды – кто и как меняет глобальную экономику [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/amp/news/60c85c599a7947f5776ad409>. – Дата доступа: 08.04.2025;
5. Этика обработки данных и конфиденциальность при анализе: Обеспечение ответственного использования данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://falconediting.com/ru/blog/etika-obrabotka-dannykh-i-konfidentsialnost-pri-analize-obespechenie-otvetstvennogo>. – Дата доступа: 09.04.2025.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Шестакова Д.А.

(научный руководитель – Стрелюхин А.В.)

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Аннотация. В настоящей работе рассмотрено состояние развития искусственного интеллекта на современный момент, его внедрение в различные сферы деятельности и перспективы его использования.

Введение

Искусственный интеллект (ИИ) – это термин, который используют для описания машин, выполняющих процессы, схожие с человеческими: обучение, понимание, рассуждение и взаимодействие. Люди, специализирующиеся на теории ИИ, пытаются разработать такие системы, которые будут анализировать и решать поставленные задачи так, как к этому подошёл бы человек.

История создания

В основе искусственного интеллекта лежат множество научных направлений и исследований: философия сознания, формальная логика, теория вычислений, теория информации, кибернетика, вычислительная техника, психология, социология и т.д. Это является научными и технологическими предпосылками ИИ [1].

В 16 веке математик Рене Декарт представил гипотезу, что животные – это механизмы, но мыслящие, а потому у нашей цивилизации есть важная задача: изобрести умную машину, обладающую интеллектом.

Впервые о нейронных сетях стали говорить в 1943 году – основоположник кибернетики и бионики Уоррен Мак-Коллок и математик Уолтер Гарри Питтс.

80-е и 90-е года XX века можно считать прорывом в развитии искусственного интеллекта, т.к. в этот период создаются новые роботы, способны решать несложные бытовые задачи и вести простые диалоги [2].

Современный ИИ и перспективы его развития

Для современного ИИ характерен быстрый прогресс. ИИ активно развивается благодаря следующим причинам: доступности данных, увеличению вычислительных мощностей и постоянному совершенствованию алгоритмов для подхода к решению проблем [2].

ИИ всё больше внедряется в различные сферы деятельности. Область применения постоянно расширяется: ИИ участвует в автоматизации задач, в процессе принятия решений, создании новых продуктов и услуг, преобразовании отраслей и т.п.

ИИ уже внёс свой вклад в следующие сферы человеческой деятельности.

– Медицина: ИИ уже меняет диагностику, персонализированную терапию и разработку лекарств. В будущем он поможет в ранней диагностике заболеваний, создании интеллектуальных протезов и реабилитации пациентов.

– Образование: ИИ может стать индивидуальным репетитором для каждого ученика, подбирая материалы и методы обучения в соответствии с его потребностями и стилем обучения. Он также может автоматизировать оценку знаний и предоставлять индивидуальные рекомендации по развитию навыков.

– Промышленность: ИИ будет использоваться для оптимизации производства, создания интеллектуальных роботов и автоматизации сложных процессов.

– Экология: ИИ может помочь в мониторинге окружающей среды, прогнозировании стихийных бедствий и разработке устойчивых энергетических систем.

Сейчас идёт углубление и расширение возможностей нейронных сетей. Например, существуют нейронные сети, связанные с биологией, и таким образом современные модели машинного обучения всё больше опираются на принципы работы человеческого мозга. Это позволяет создавать сети, способные к более глубокому пониманию сложных концепций, контекста и абстрактных идей [1].

Развивается обучение с подкреплением. Эта область ИИ позволяет обучать системы посредством взаимодействия с окружающей средой и получения вознаграждений за правильные действия.

Также, в будущем планируется создание гибридных систем ИИ, объединяющие преимущества нейронных сетей, их подходы и методы.

К сожалению, такое развитие ИИ может привести и к некоторым проблемам.

Во-первых, влияние на рабочие места. ИИ может автоматизировать многие задачи, а это может поспособствовать увольнению работников и изменению рынка труда. Поэтому необходимо позаботиться о переподготовке работников, которые могут потерять работу из-за автоматизации, и о создании новых специальностей и рабочих мест в сфере ИИ.

Во-вторых, вопросы, связанные с конфиденциальностью и безопасностью данных и анализ рисков злоупотребления. ИИ может быть использован в незаконных целях, например для распространения дезинформации, мошенничества или нарушения конфиденциальности. Тогда важным будет разработка четких норм и законодательных актов, регулирующие сбор, обработку и использование данных. Необходимо создать механизмы ответственности за действия ИИ и системы контроля над его разработкой и использованием.

Заключение

В настоящий момент есть все предпосылки, что ИИ может помочь в решении сложных задач. Это задачи разноплановые, начиная от инновационных в технике, биологии, медицине и заканчивая творческой сферой. Существуют исследования, показывающие, что в будущем ИИ сможет способствовать решению даже глобальных проблем, например экологической. При этом важным аспектом является рациональное использование человеком идей, предложенных нейронными сетями.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Душкин Р. В. Искусственный интеллект. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 280 с.;
2. GeekBrains – образовательный портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gb.ru/blog/razvitie-iskusstvennogo-intellekta/>– Дата доступа: 28.11.2024.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ИГРА «BUILDER SIMULATOR» И ЕЕ РОЛЬ В ОБУЧЕНИИ МОЛОДЫХ СТРОИТЕЛЕЙ

*Димитриев С.Я., Байрамдурдыев Д.М.
(научный руководитель – Стрелюхин А.В.)
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Аннотация. В данной работе рассмотрена компьютерная игра «Builder Simulator», которая может быть использована в образовательных целях для развития профессиональных навыков у будущих специалистов в области строительства.

Введение

В последние годы компьютерные игры стали неотъемлемой частью образовательного процесса, предоставляя пользователям возможность развивать различные навыки в интерактивной форме. Одной из таких игр является «Builder Simulator» [1], которая нацелена на обучение молодых строителей основам проектирования, строительства и управления строительными процессами.

Обзор игры «Builder Simulator»

«Builder Simulator» [2] – это симулятор, который позволяет игрокам погрузиться в мир строительства. В игре пользователи могут проектировать здания, управлять строительными процессами, выбирать материалы и инструменты, а также решать различные задачи, связанные с проектированием и строительством. Игра предлагает реалистичную физику и графику, что позволяет игрокам понять, как различные факторы влияют на процесс строительства.

Основные функции игры

Проектирование зданий – игроки могут создавать архитектурные проекты, выбирая стиль, планировку и материалы.

Управление строительными процессами – игра включает в себя элементы управления проектами, такие как планирование, распределение ресурсов и управление командой.

Знакомство с материалами и технологиями – игроки получают доступ к информации о различных строительных материалах и технологиях, что помогает им делать обоснованные выборы в процессе проектирования.

Обучающие аспекты игры

Развитие проектных навыков – в «Builder Simulator» игроки учатся проектировать здания, что включает в себя выбор архитектурного стиля, планировку помещений и расчет необходимых материалов. Эти навыки являются основополагающими для будущих строителей и архитекторов. Игра предоставляет возможность экспериментировать с различными проектами, что способствует развитию креативности и критического мышления.

Управление строительными процессами – игра позволяет пользователям управлять строительными проектами, включая планирование сроков, распределение ресурсов и управление командой. Эти аспекты важны для будущих менеджеров строительных проектов, так как они учат принимать решения в условиях ограниченного времени и ресурсов.

Знакомство с материалами и технологиями – «Builder Simulator» предлагает игрокам возможность ознакомиться с различными строительными материалами и технологиями. Это знание является важным для понимания того, как выбрать подходящие материалы для конкретного проекта и как они влияют на качество и долговечность зданий.

Влияние на мотивацию и вовлеченность

Использование игры «Builder Simulator» в образовательном процессе может значительно повысить мотивацию студентов. Игровой формат делает обучение более увлекательным и

интерактивным, что способствует лучшему усвоению материала. Студенты могут видеть результаты своих действий в реальном времени, что создает чувство достижения и удовлетворения.

Кроме того, игра может быть использована как инструмент для командной работы. Студенты могут объединяться в группы, чтобы совместно решать задачи, что способствует развитию навыков коммуникации и сотрудничества.

Заключение

«Builder Simulator» представляет собой не просто развлекательный продукт, а полноценный образовательный инструмент для обучения молодых строителей. Она не только развивает профессиональные навыки, но и повышает мотивацию студентов, делая процесс обучения более увлекательным и интерактивным. В условиях современного мира, где технологии играют важную роль в образовании, использование таких симуляторов может стать важным шагом к подготовке квалифицированных специалистов в области строительства.

Внедрение «Builder Simulator» в учебные программы может помочь создать новое поколение строителей. Игра способствует формированию у студентов не только технических навыков, но и таких важных качеств, как креативность, критическое мышление и способность работать в команде.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Страница игры в онлайн магазине Steam [Электронный ресурс] – https://store.steampowered.com/app/1120320/Builder_Simulator/ – Дата доступа: 11.04.2025;
2. YouTube [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=OF9l6ovRad0&t=1707s&pp=ygUl0L7QsdC30L7RgCDQuNCz0YDRiyBidWlsZGVyIHNPbXVsYXRvcg%3D%3D> – Дата доступа: 11.04.2025.

**ПРОГРАММНЫЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА СТРОИТЕЛЬНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ.
ПК ЛИРА 10. AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL.**

*Дегтярёнок Д., Шматок К. И.
(научный руководитель – Бынькова А. Ю.)
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Аннотация

В современном мире, в век информационных технологий, инфопространство переполнено различными программами, алгоритмами и тд., для работы с расчетами конструкций. В работе рассмотрены программы ПК ЛИРА 10 и Autodesk® Robot™ Structural Analysis, их преимущества и недостатки

Введение

Программы для расчета строительных конструкций: трудности выбора и важность автоматизации в строительстве

Современное строительство немыслимо без специализированных программ для расчета строительных конструкций. Они позволяют выполнять точные расчеты, моделировать нагрузки, прогнозировать поведение материалов и оптимизировать затраты. Однако выбор подходящего программного обеспечения – непростая задача, требующая учета множества факторов.

ЛИРА 10.6

На рынке СНГ программного обеспечения для численного анализа надежности строительных конструкций существует ряд программ (ПК ЛИРА, Лира САПР, Scad Office, Stark, MicreFE), на первый взгляд одинаковые, но принципиально разные по логике работы и наличию функционала. Из общего можно выделить лишь метод конечных элементов (МКЭ), как основной метод решения задач, и нормы проектирования, в той или иной степени присутствующие во всех программных комплексах.

Преимущества:

Одним из ключевых отличий ПК ЛИРА 10 от предыдущих версий (например, ПК ЛИРА 9.6), а также от аналогичных программных комплексов-конкурентов (таких как ПК Лира САПР, Scad Office), является наличие единой интегрированной среды. В ней объединены все основные функции, которые ранее были распределены между разными подпрограммами.

Дополнительно, в ПК ЛИРА 10.6 реализована возможность создания собственных приложений, что значительно расширяет функционал. Например, можно разработать утилиту для автоматического формирования спецификации металлических конструкций. Такая подпрограмма анализирует выделенные элементы и выводит соответствующую таблицу спецификаций. Причем число таких расширений не ограничено, а пользователи могут получить доступ ко всем расчетным данным.

На практике это дало возможность разработчикам ПК ЛИРА 10 создать специальное приложение для оценки легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) по критериям предельных состояний, соответствующим внутренним стандартам организации. Подобный уровень гибкости и адаптации отсутствует в ПК Лира САПР.

Важно отметить, что каждая новая версия ПК ЛИРА 10 не ограничивается лишь исправлением ошибок или незначительными изменениями. Вместо этого разработчики регулярно добавляют полноценные расчетные модули и инструменты для работы с расчетной моделью, что делает комплекс еще более мощным и удобным для проектировщиков.

Недостатки ПК ЛИРА 10:

1. Сложный интерфейс для новичков. Интерфейс перегружен функциями и может показаться запутанным. Высокий порог входа — требуется обучение или опыт работы в САПР.

2. Слабая документация и справка. Некоторые пользователи жалуются на неполную или устаревшую документацию. Примеры в руководстве не всегда соответствуют реальным задачам.

3. Производительность. При работе с большими расчетными моделями может «тормозить» или нестабильно работать. Требуется мощное железо, особенно для нелинейных расчетов.

4. Устаревший внешний вид. Интерфейс программы выглядит немного «винтажно» по сравнению с современными САД-системами. Недостаток визуальной интуитивности.

5. Сложности с импортом/экспортом. Ограниченная поддержка форматов других программ (например, Revit, Tekla). Возможны ошибки при переносе моделей из других сред.

6. Лицензирование и стоимость. Довольно высокая стоимость лицензии. Ограничения демо-версии не позволяют полноценно оценить программу перед покупкой.

7. Ограниченная поддержка BIM. Хотя есть интеграция, она довольно ограниченная и уступает западным аналогам (например, SCIA Engineer, Robot Structural Analysis).

Архитектурные элементы ПК ЛИРА

В ПК ЛИРА 10 разработана технология моделирования конструкций с помощью архитектурных элементов, с возможностью дальнейшего разбиения их на сеть конечных элементов. В ПК Лира САПР и Scad office пользователи работают по-прежнему с конечными элементами, и если нужно редактировать схему, то приходится либо двигать узлы и элементы, либо заново разбивать сеть, удаляя прежнюю. С архитектурными элементами можно производить те же действия, что и с конечными элементами, привычными расчетчику: назначать жесткости, нагрузку и другие атрибуты. Данная технология позволила создать двухстороннюю связку с одним из самых распространенных программных продуктов в области BIM-технологий – Autodesk Revit. Сейчас в ПК ЛИРА 10.6 можно экспортировать аналитические архитектурные модели из: Revit, Autocad, Nanocad, Archicad, Tekla, Advance Steel (в настоящее время тестируется), Aveva VocaD (в настоящее время тестируется), Компас-3D и другие.

При задании расчетной схемы архитектурными элементами добавлена возможность назначения связей, шарниров, жестких вставок и т.д. Сформированную схему можно отправить на расчет, а конечно-элементная модель сформируется автоматически.

Сейсмические воздействия в ПК ЛИРА

Одной из отличительных особенностей программного комплекса ЛИРА 10.6 является широкий спектр возможностей по расчету строительных конструкций на сейсмические воздействия. В отличие от Лира САПР и Scad Office разработано большое количество вспомогательных модулей и функций:

- Расчеты на акселерограммы и сейсмограммы.
- Решение спектральным и прямым динамическим методом.
- Построение спектров реакций.
- Нелинейный статический метод решения (Pushover analysis).
- Несколько возможностей учесть затухание конструкций: пропорционально массе или по Релею;
- Конечные элементы неотражающих границ.
- Технология конденсации масс.

Физическая нелинейность в ПК ЛИРА

Модуль нелинейностей ПК ЛИРА 10.6 в отличие от Scad Office позволяет моделировать нелинейную работу материала типа железобетон, где отдельно задаются диаграммы деформирования для бетона и арматуры, площади арматурных стержней, при этом, задаются в параметрах сечения. Также физ. нелинейность используется в модуле Pushover analysis.

Autodesk Robot Structural Analysis Professional

Autodesk Robot Structural Analysis Professional — это специализированный программный комплекс, предназначенный для выполнения конечно-элементных расчетов и проектирования строительных конструкций. Разработанный с учетом потребностей инженеров-конструкторов, он представляет собой универсальное решение, включающее весь необходимый функционал для прочностного анализа и моделирования различных конструкций.

Одной из ключевых особенностей Autodesk Robot Structural Analysis Professional является гибкость в настройке параметров под конкретные проектные задачи. Пользователи могут независимо задавать региональные нормы, выбирать базы данных, а также устанавливать предпочтительный рабочий язык и язык вывода расчетной документации.

Процесс создания расчетной модели зачастую оказывается наиболее трудоемким этапом подготовки к инженерному анализу. В этом контексте удобный инструмент для задания разбивочных осей играет важную роль, позволяя структурировать рабочее пространство модели и упрощая последующее размещение конструктивных элементов.

Программный комплекс предоставляет пользователям обширные возможности при выборе материалов для конструктивных элементов. Гибкость в определении и прикладных нагрузках делает программу универсальным инструментом для расчетов. Пользователь может моделировать различные виды воздействий, такие как статические, динамические, сейсмические, температурные, гармонические и подвижные нагрузки. Библиотека стандартных нагрузок от распространенных строительных материалов позволяет автоматизировать процесс назначения веса на перекрытия и покрытия. Программа поддерживает как автоматическое создание сочетаний нагрузок по заданным нормам, так и ручное управление этим процессом. Также доступен широкий выбор граничных условий, что позволяет точно воспроизвести условия опирания и закрепления конструкции.

Одним из ключевых преимуществ является передовая система автоматического разбиения расчетной модели на конечно-элементную сетку. Встроенные алгоритмы обеспечивают высокую скорость и качество построения сетки. При необходимости пользователь может вручную задавать параметры разбиения для отдельных элементов. Для поверхностных конструкций используется триангуляция с формированием трех- и четырехугольных конечных элементов, а для объемных — четырех- и восьмиугольных элементов. В зонах с высокой концентрацией напряжений возможно локальное сгущение сетки с помощью эмиттеров, что повышает точность расчетов в критических точках модели.

Преимущества и возможности

Существенным преимуществом продукта является и прямая двусторонняя связь с программой Autodesk Revit Structure. Передача аналитической модели из Autodesk Robot Structural Analysis Professional в Autodesk Revit Structure выполняется с помощью специальной опции. Можно отметить, что связь реализована на данный момент в максимальном объеме. Из Autodesk Revit Structure в Autodesk Robot Structural Analysis передаются элементы конструкции, нагрузки и граничные условия, что позволяет практически сразу переходить к расчету. После завершения расчета конструкцию с внесенными изменениями в Autodesk Robot Structural Analysis Professional можно обновить в Autodesk Revit Structure.

Важно отметить также, что стандартные возможности продукта можно расширить с помощью Microsoft COMсреды, которая открывает архитектуру Autodesk Robot Structural Analysis Professional и позволяет программировать любому инженеру. Расширить функциональность Autodesk Robot Structural Analysis Professional можно, создавая пользовательские макросы в MS Word, MS Excel, AutoCAD и других платформах (например, моделирование, расчеты и проектирование параметрических конструкций).

Недостатки Robot Structural Analysis Professional:

1. Сложный интерфейс и логика работы. Интерфейс перегружен, не очень интуитивный — особенно для новых пользователей. Некоторые операции кажутся "не по-автодесковски", даже опытные пользователи Revit могут путаться.

2. Ограниченные возможности для нестандартных расчётов. RSA хорошо работает с типовыми задачами, но для сложных или нестандартных расчётов может не хватить гибкости. Нелинейные расчёты, динамика, прогрессирующее разрушение — возможны, но реализованы не на самом высоком уровне.

3. Слабая локализация и нормативная база. Поддержка СНиП/СП/Еврокодов есть, но она не такая подробная и глубоко проработанная, как у ЛИРЫ или SCAD. Некоторые национальные нормативы просто отсутствуют.

4. Требовательность к железу и нестабильность. Программа может "вылетать" при работе с большими моделями или сложными расчетами. Высокие системные требования.

5. Проблемы с интеграцией. Несмотря на то, что RSA — часть экосистемы Autodesk, интеграция с Revit оставляет желать лучшего. Импорт/экспорт данных может вызывать ошибки (особенно армирование).

6. Редкие обновления и слабая поддержка. В последние годы RSA обновляется очень незначительно. Autodesk явно сосредоточился на BIM и Revit, а RSA — как будто «на вторых ролях».

7. Лицензирование и доступность. Требуется подписка Autodesk — дорого и не всегда удобно. Не самый гибкий подход к лицензиям.

Расчетные процедуры

В Autodesk Robot Structural Analysis Professional реализованы процедуры, с помощью которых быстро обрабатываются даже самые сложные модели конструкций. Расчетные алгоритмы, основанные на современных технологиях, позволяют инженерам быстрее добиваться требуемых результатов, оптимизируя конструкции, повторяя расчеты и оценивая различные проектные варианты.

Типы выполняемых расчетов весьма многообразны. Среди них — статический расчет (линейный и нелинейный), динамический расчет (расчет форм колебаний, гармонический, сейсмический, спектральный, временной), анализ предельного равновесия. Применение передовых расчетных алгоритмов обеспечивает ускорение и оптимизацию расчетов на современных многоядерных процессорах.

Результаты расчетов программа позволяет всесторонне исследовать с помощью графической информации (эпюры и карты), таблиц и анимации. Широкий спектр настроек фильтрации дает возможность анализировать только интересующую пользователя информацию, а многооконный режим отображения демонстрирует различные данные и проекции модели. Далее результаты расчетов можно использовать в модулях проектирования программы с применением национальных норм.

Информационное моделирование зданий (технология BIM) представляет собой комплексный процесс, основанный на использовании точных и скоординированных данных на всех этапах — от разработки концепции здания до его возведения и сдачи в эксплуатацию. Внедрение технологии BIM позволяет легко формировать согласованные проектные данные и готовить документацию; такая информационная модель позволит выполнять точные расчеты характеристик, сметной стоимости и эксплуатационных параметров, а также создавать эффектные визуализации; проекты выполняются быстрее, экономичнее и с минимальным воздействием на окружающую среду.

В основе технологии лежит цифровая модель, которая применяется для согласования проектных данных с архитекторами; проектировщиками внутренних инженерных систем; и объектов инфраструктуры. Данные интегрированы с расчетной, проектной и рабочей документацией. Они используются на протяжении всего проекта.

Сравнение

Чем Autodesk Robot Structural Analysis Professional лучше Лупы:

1. Работа с конструктивными элементами, которые потом автоматически делятся на конечные элементы.
2. Покрытия - значительно ускоряют назначения нагрузок.
3. Проверка стальных конструкций - нет четкого деления на колонны/балки/ферменные. Например можно проверять балки на устойчивость при сжатии. Автоматические расчетные длины для рам.
4. Отображение модели лучше, оцифровка эпюр лучше.
5. Монтажная стадия для канатов.
6. Делать расчет колебаний (динамика) намного удобней.
7. Возможность задать матрицу жесткости для пластин.

Чем Лупа лучше Autodesk Robot Structural Analysis Professional:

1. Проверка металла/железобетона по ДБН/СП.
2. Модуль грунт, сваи типа КЭ57.
3. Прямой итерационный метод в динамике+

4. РСУ - всё-таки мощный буст в производительности расчетов.
5. КЭ для грунта.

Заключение

ЛИРА лучший выбор для:

Проектирования сложных объектов (мосты, высотные здания, промышленные сооружения).

Проведения нелинейных и динамических расчетов.

Инженеров, работающих с BIM-моделями.

Autodesk Revit Structure наиболее эффективен для:

Проектов, выполняемых по международным нормам (Eurocode, ACI).

BIM-ориентированного проектирования.

Инженеров, использующих Revit в своей работе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. [https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2015/11\(38\)/6_gilemhanov_38.pdf](https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2015/11(38)/6_gilemhanov_38.pdf) ;
2. <https://sapr.ru/article/22880?ysclid=m7k5guvxkq81720178> ;
3. <https://ascon.ru/products/979/?ysclid=m7k5dhk7vj543396085> ;
4. <https://help.autodesk.com> ;
5. <https://bim.by/> ;
6. <https://mie-strength.ru/?yclid=4429999466589716479> ;
7. <https://pro-tim.ru/products/programmnye-resheniya/obshchestoitelnye-raboty/konstruktorskiye-resheniya/?ysclid=m8zltqou4f633968753>.

УМНЫЙ ДОМ

Навроцкая А.В.

(научный руководитель – Стрелюхин А.В.)

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Аннотация. В последние годы концепция «умного дома» стремительно завоевывает популярность, превращая привычное пространство проживания в высокотехнологичную экосистему, способную адаптироваться к потребностям своих жителей. В настоящей работе рассмотрены способы построения, преимущества и недостатки системы «умный дом».

Введение

Термин «умный дом» был введен в конце 20 века и означает дом, в котором установлены различные автоматизированные системы для контроля и управления различными устройствами и функциями, такими как освещение, отопление, кондиционирование воздуха, безопасность и другие [1]. Идея «умного дома» заключается в том, чтобы сделать жизнь жильцов более комфортной, безопасной и эффективной, путем использования современных технологий и интеграции различных устройств в одну систему управления. Он способен распознавать определённые ситуации, происходящие внутри здания, и реагировать на них согласно заранее установленным алгоритмам. «Умный дом» самостоятельно регулирует функционирование всех систем в зависимости от предпочтений пользователя, времени суток, его местоположения в доме, погодных условий и уровня внешнего освещения, создавая комфортную обстановку.

Подходы при разработке системы

Создание «умного дома» – это процесс, требующий тщательного планирования и исследования. При его проектировании необходимо учитывать ряд ключевых моментов:

- определение потребностей – перед началом проекта важно понять, какие функции и устройства вам действительно нужны (система безопасности, автоматизация освещения, умная аудио- и/или видеосистема и т.д.);

- бюджет и планирование – «умный дом» может стать дорогостоящим проектом, особенно если выбрать качественные продукты и привлекать профессионалов для установки и настройки системы;

- выбор устройств – при выборе компонентов для «умного дома» необходимо учитывать их совместимость, качество, цену и функциональность.

Существует несколько способов создания «умного дома». Первый способ заключается в изменении конструкции, что позволяет системе демонстрировать разумное поведение. Второй способ связан с «интеллектуализацией», то есть оснащением системы датчиками для сбора данных, их обработки и принятия решений (такой подход обеспечивает сложное и «разумное» поведение с использованием более простых средств, чем создание сложной конструкции). Третий способ заключается в том, что система становится «умной» благодаря взаимодействию с другими системами.

Структура умного дома

Любой «умный дом» состоит из следующих модулей [1].

Контроллер – главный элемент, который объединяет все остальные блоки в единую систему. Он анализирует работу компонентов, учитывает условия окружающей среды и выдает соответствующие команды устройствам. Например, возможно запрограммировать кондиционер на автоматическое включение при повышении температуры выше установленного порога. Более сложные задачи могут включать выполнение нескольких действий одновременно: по запросу пользователя система сможет закрыть входную дверь, опустить жалюзи, включить музыку и выполнить другие команды.

Датчики – эти устройства собирают данные о состоянии техники и окружающей обстановке, передавая информацию контроллеру. Независимо от специфических требований и задач, которые должна решать система, именно датчики обеспечивают необходимый уровень автоматизации и передают сигнал другим устройствам о необходимости их включения или выключения в нужный момент.

Актуаторы – эти модули отвечают за автоматизацию домашних процессов, выполняя полученные команды. К таким устройствам относятся реле, светодиодные блоки и диммеры.

Значимость IoT для современных домов и жизни людей

Интернет вещей (IoT) [2] представляет собой концепцию, в рамках которой бытовые устройства и предметы оснащаются сенсорами, подключаются к интернету и могут обмениваться данными между собой. Эта технология позволяет автоматизировать множество повседневных задач, повышает уровень безопасности и способствует снижению потребления энергии. Кроме того, IoT играет ключевую роль в развитии «умных городов» и современных сообществ, где все элементы взаимодействуют и оптимизируются для улучшения качества жизни. Этот подход является наиболее удобным по нескольким причинам. Во-первых, он открывает широкие возможности для организации умного дома, так как позволяет использовать данные из всего интернет-пространства. Во-вторых, он более экономичен, поскольку подключение к интернету обходится значительно дешевле, чем разработка сложных интеллектуальных устройств.

Недостатки «умного дома»

Наиболее распространёнными негативными качествами данной системы являются [3]:

- кибербезопасность – владельцы «умных домов» должны быть уверены в надежности хранения и передачи своих данных. Это поднимает серьезные вопросы о защите от несанкционированного доступа и охране личных данных, которые активно используются в ходе передачи «умным» устройствам;

- стоимость – полностью интегрированная система, контролирующая множество параметров, может оказаться довольно дорогой. Учитывается не только цена оборудования, но и затраты на установку, работу специалистов, тестирование, настройку и обслуживание;

- зависимость от интернета – функции, управляемые через приложение, могут стать недоступными, если нет до него доступа. Это может привести к отключению от важных ежедневных функций;

- несовместимость с некоторыми устройствами – нужно выбирать оборудование от одного производителя или от одной компании, потому что гаджеты разных брендов могут оказаться несовместимыми;

- сложный монтаж – установка датчиков, сенсоров и кабелей занимает много времени. Усложняется всё тем, что большое количество людей начинают задумываться об установке «умного дома» после завершения ремонтных и отделочных работ. Также источник бесперебойного питания требует отдельного помещения с шумоизоляцией, что тоже предусматривается заранее;

- быстрое устаревание – цифровой прогресс движется стремительно, поэтому устаревание системы неизбежно. Если внедрять такие функции как подключение подогрева пола с учётом температуры или автоматическое подключение подсветки в зависимости от времени суток, придётся покупать оборудование или обновлять его.

Преимущества системы «умный дом»

Основными преимуществами «умного дома» являются его комфорт, безопасность, энергосбережение, удобство, мониторинг, интеграция и многое другое. Быстрое развитие «умных домов» в скором времени приведёт к созданию «умных городов», которые обладают следующими преимуществами внедрения систем автоматизации и безопасности в городских объектах жизнеобеспечения [4]:

- сбор и учет необходимой статистической информации с последующим формированием отчетов для административных служб города;

- контроль работы инженерных систем, планирование профилактических и ремонтных работ, увеличение срока эксплуатации оборудования;
- мониторинг и учет потребления городских ресурсов (вода, газ, электроэнергия), увеличение эффективности их использования.

Заключение

Опираясь на опыт риэлтерских фирм, наиболее успешными и продаваемыми проектами являются дома и офисы с интегрированными системами контроля. Все чаще покупатель интересуется не только дизайном проекта, но и современными системами, позволяющими экономить.

Интеграция современных технологий в повседневную среду позволяет не только упростить управление домом, но и значительно повысить качество жизни людей. Системы автоматизации, умные устройства и интернет вещей (IoT) становятся неотъемлемой частью нашего быта, обеспечивая удобство и безопасность. Несмотря на некоторые вызовы, такие как вопросы конфиденциальности и совместимости устройств, развитие технологий продолжает открывать новые возможности для создания умных домов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Система «Умный дом» — особенности и преимущества [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://freehomeabb.ru/info/umnyy-dom-osobennosti-i-preimushchestva/>. – Дата доступа: 14.04.2025;
2. Как использовать интернет вещей для умного дома и получить максимальную пользу [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scand.com/ru/company/blog/internet-of-things-in-smart-home/>. – Дата доступа: 14.04.2025;
3. Каковы плюсы и минусы системы «Умный дом»? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kupitekvartiru.com/blog/plusy-minusy-umnogo-doma>. – Дата доступа: 14.04.2025;
4. «Умный дом» - возможности и перспективы развития [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://real-trac.com/ru/company/blog/umnyj_dom/. – Дата доступа: 14.04.2025.

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Вилькевич П.Ю.

(научный руководитель – Стрелюхин А.В.)

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Аннотация. В настоящей работе исследованы современные системы автоматизированного проектирования (САПР), их возможности и применение в различных отраслях промышленности. Основное внимание уделяется анализу таких компонентов САПР, как модули для 2D и 3D моделирования, системы управления данными и взаимодействия с другими программными продуктами. Показаны преимущества использования САПР в технологическом проектировании для повышения точности проектирования и сокращения времени разработки проектов.

Введение

В последние десятилетия компьютерные технологии значительно изменили подходы к проектированию и строительству. CAD (Computer-Aided Design) системы стали неотъемлемой частью архитектурного и строительного процессов, обеспечивая множество преимуществ, которые способствуют повышению эффективности, точности и качества работы [1].

Актуальность CAD-систем в современном строительстве и архитектуре заключается в том, что они не только повышают качество и точность проектирования, но и обеспечивают более рациональное использование ресурсов и ускоряют рабочие процессы. В современном мире использование и интеграция CAD-технологий становится ключевым фактором для успешного выполнения архитектурных, производственных и строительных проектов. Это позволяет архитекторам и инженерам создавать высокоточные чертежи и модели, что снижает вероятность ошибок, которые могут возникнуть при ручном проектировании.

Применение CAD-систем ускоряет процесс проектирования. Благодаря автоматизации, специалисты могут уделять больше внимания творческим сторонам своей деятельности, что актуально в условиях высокой конкуренции и необходимости соблюдения сроков.

CAD-системы способствуют упрощению обмена информацией между всеми участниками проекта, такими как архитекторы, инженеры, строители и заказчики. Работа над проектами в реальном времени дает возможность оперативно вносить коррективы и получать отклики, что способствует повышению качества итогового результата.

Современные CAD-системы способны взаимодействовать с такими технологиями, как BIM (Building Information Modeling), что позволяет разрабатывать более детализированные модели зданий.

История развития CAD-технологий.

Этапы развития CAD можно проследить через следующие ключевые моменты [1].

– 1960-е годы: начало использования электронных калькуляторов и программируемых логических устройств для инженерных расчетов. Пионерские разработки, такие как АПР, представляли собой прототипы современных систем.

– 1970-е годы: появление первых программных пакетов для графики и черчения, таких как Sketchpad, разработанный Иваном Сазерлендом. Начало интеграции с технологиями автоматизированного производства (CAM).

– 1980-е годы: внедрение персональных компьютеров значительно удешевило и упростило использование CAD в малых и средних фирмах. Компании, такие как Autodesk, выпустили свои первые версии популярных программных продуктов.

– 1990-е годы: улучшение программного обеспечения и графических интерфейсов. CAD-системы становятся более доступными и функциональными, поддерживая трёхмерное моделирование и интеграцию с другими системами (CAE, CAM).

– 2000-е годы: внедрение облачных технологий и расширение функционала программных продуктов позволили совместную работу над проектами в реальном времени, повысив продуктивность.

Основы CAD-систем

Система автоматизированного проектирования, САПР или система автоматизации проектных работ (англ. Computer-aided design, CAD) – автоматизированная система, реализующая информационную технологию выполнения функций проектирования – представляет собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса проектирования, состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности. Также для обозначения подобных систем широко используется аббревиатура САПР [2].

Типы CAD-систем

Среди популярных CAD-систем, которые широко используются в настоящее время в различных отраслях, можно выделить следующие:

- AutoCAD – отличается мощными инструментами для 2D и 3D проектирования, но может быть сложной для начинающих;
- SolidWorks – интуитивно понятный интерфейс и мощные инструменты для 3D моделирования и симуляции;
- Fusion 360: подходит для облачного хранения данных и доступен для студентов;
- CATIA: часто используется в аэрокосмической и автомобильной промышленности;
- Inventor – предлагает интеграцию с другими продуктами Autodesk и мощные инструменты для 3D моделирования;
- FreeCAD – предназначенная для создания 2D и 3D моделей. Она ориентирована на пользователей, работающих в различных областях, таких как архитектура, машиностроение, продуктовый дизайн и другие.

Выбирая CAD-систему, необходимо учитывать круг решаемых задач, поскольку каждая система оптимально работает в определённых областях.

Если важно сохранить баланс между функциональностью и простотой использования, то можно выбрать SolidWorks и Fusion 360. Они удобны для работы с 3D-моделированием, имеют множество обучающих материалов и поддерживаются большими сообществами.

Для крупных промышленных проектов CATIA выделяется благодаря мощным инструментам для сложных систем и интеграции, что делает её популярной в аэрокосмической и автомобильной отраслях.

Для архитектуры и строительства AutoCAD остаётся определенным стандартом благодаря своим возможностям 2D-чертежей и совместимости с другими решениями.

Большинство программных продуктов являются платными. В то же время можно для определенных задач использовать открытое программное обеспечение с набором функций для 3D-проектирования – FreeCAD.

Применение CAD-систем в архитектуре и строительстве

CAD-программы занимают важное место в архитектурном проектировании и строительстве. Кроме этого, они выполняют ряд и других задач [3]:

- автоматизация рутинных задач – упрощение процессов создания чертежей и расчетов, что экономит время и снижает вероятность ошибок;
- визуализация проектов – возможность создавать трехмерные модели для лучшего понимания и презентации проектов;
- легкость редактирования – быстрое внесение изменений в проект, что позволяет оперативно адаптироваться к требованиям клиентов (заказчиков);
- анализ и симуляция – встроенные инструменты для анализа прочности и других характеристик, что помогает обнаружить потенциальные проблемы на ранних стадиях;
- совместная работа – поддержка параллельной работы нескольких специалистов над проектом, что улучшает коммуникацию и снижает риски;

– генерация документации – автоматическое создание необходимых планов, разрезов и спецификаций, что упрощает процесс согласования.

Заключение

Системы автоматизированного проектирования (CAD) играют важную роль в современном архитектурном и инженерном проектировании. Они обеспечивают значительные преимущества, такие как упрощение процесса создания проектной документации, повышение её точности и обеспечение возможностей для реалистичной визуализации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Официальный сайт онлайн IT школы Skyeng [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://skyeng.ru/magazine/wiki/it-industriya/chto-takoe-cad/> – Дата доступа: 25.03.2025;
2. Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_автоматизированного_проектирования – Дата доступа: 25.03.2025;
3. Официальный сайт школы бизнеса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://secrets.tbank.ru/glossarij/sapr/> – Дата доступа: 25.03.2025.

СПОСОБЫ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ МУСОРА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В МИРОВОЙ ПРАКТИКЕ. ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ

Езерская Д. Д.

(научный руководитель – Шипица Д.И.)

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Аннотация

В работе проведен анализ основных методов вторичной переработки мусора, применяемых в мировой практике. Рассмотрены их достоинства и недостатки.

Введение

Вторичная переработка отходов позволяет сохранить природные ресурсы, снизить выбросы парниковых газов, а также получить пригодное для вторичного использования сырье. Проведенный анализ [1–3] позволяет сделать вывод о том, что выбор оптимального метода вторичной переработки зависит от специфики региональных условий, состава отходов и уровня развития инновационных технологий.

Основная часть

Проблема отходов существует с давних пор. Ещё древние люди, обитавшие в пещерах, устраивали свалки мусора за пределами своих жилищ. Такие отходы легко разрушались в результате естественных природных процессов.

Современные отходы не утилизируются в быту и образуются в результате использования различных предметов в жизни людей.

Переработка отходов — деятельность, заключающаяся в обращении с отходами с целью обеспечения их повторного использования в народном хозяйстве и получения сырья, энергии, изделий и материалов. Является экологичной альтернативой обычному захоронению отходов, позволяет сократить количество используемых ресурсов, а также снизить выбросы парниковых газов.

Переработка может предотвратить захоронение потенциально полезных материалов и сократить потребление первичного сырья, тем самым снизив потребление энергии, загрязнение воздуха (от сжигания), загрязнение воды, загрязнение почвы (от захоронения).

Ответственное потребление и обращение с отходами, на первое место ставят принцип снижения образования отходов, затем вторичное использование и переработку, а далее — сжигание.

Сегодня переработка мусора — самая острая, глобальная и наиболее актуальная экологическая проблема. Уровень загрязненности окружающей среды из-за отходов и их утилизации увеличивается катастрофически быстрыми темпами.

Улучшение уровня жизни приводит к увеличению объема отходов. Если их не перерабатывать, площадь плодородных земель будет сокращаться. Кроме легальных полигонов возникают несанкционированные свалки, площадь которых ежегодно увеличивается в 2 раза. Свыше 90% всех отходов отправляется на полигоны, 3 % из них сжигаются и только 4 % перерабатываются.

Вторичная переработка мусора — это процесс обработки отходов, направленный на извлечение из них вторичных материалов для повторного использования. В ходе этого процесса мусор сортируется, очищается и преобразуется таким образом, чтобы его компоненты стали пригодными в качестве сырья для производства новых изделий. Все, что не подходит для переработки — используют в качестве вторичных энергоресурсов. К сожалению, большая часть ценных материалов пока вывозится на свалку. Причина — недостаточно организованный раздельный сбор мусора.

В настоящее время применяются следующие способы переработки мусора во вторичное сырье [4]:

биологический;
механический;
химический;
термический.

Биологический метод позволяет преобразовывать органический мусор, такой как остатки пищи, отходы растительного и животного происхождения, в удобрение для почвы.

К достоинствам метода можно отнести улучшение плодородия почвы, сокращение объема отходов, уменьшая нагрузку на свалки, снижение использования химических удобрений, уменьшение парниковых газов.

К недостаткам относят необходимость соблюдать баланс углеродистых и азотистых материалов (C:N) обеспечивать достаточную аэрацию и поддерживать оптимальную влажность, необходимость регулярного перемешивания компоста, что требует определенных трудозатрат.

Механический метод характерен для твердых бытовых, строительных и промышленных отходов. Заключается он в измельчении, дроблении, прессовании сырья. Для разделения дробленых отходов на мелкие и твердые фракции применяется сепарация или грохочение. Упругие и вязкие материалы сложно поддаются измельчению, поэтому перед дроблением их охлаждают до низких температур. При замораживании до температуры ниже температуры хрупкости степень измельчения возрастает в несколько раз. Криогенное измельчение применяется для утилизации резиновых изделий

Достоинства метода: позволяет уменьшить объем отходов в 10 раз; придает отходам форму, пригодную для транспортировки и дальнейшей переработки.

Недостатки метода: при сжигании часть вредных веществ попадает в атмосферу.

Химический метод заключается в нейтрализации опасных веществ с помощью реагентов или разложение их на составляющие. В результате переработки вредные материалы теряют свои свойства и превращаются в совершенно безопасные для природы. Для данного способа подходят нефтепродукты в твердом и жидком виде, остатки кислот, щелочей, прочие подобные отходы.

Достоинства: трансформация опасных веществ в безопасные.

Недостатки: сложность технологических процессов; высокие энергозатраты и потенциальный экологический риск при неправильном управлении технологией.

Термический метод предполагает сжигание и пиролиз. Сжигание отходов происходит в специальных печах при температуре от 850 °С. Пиролиз – процесс термического разложения без доступа кислорода при температуре 600 °С. В результате образуются пиролизный газ и твердый углеродистый остаток. Пиролизный газ находит широкое применение в системах отопления.

Достоинства: получение вторичных энергоресурсов.

Недостатки: при сжигании часть вредных веществ попадает в атмосферу.

Заключение

Каждый из этих методов имеет свои области применения в зависимости от типа отходов, наличия инфраструктуры и экономических возможностей, а оптимальное решение зачастую предполагает комбинированное использование нескольких технологий для повышения эффективности переработки мусора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Калыгин В. Г., Бондарь В. А., Дедеян Р. Я. Безопасность жизнедеятельности. Промышленная и экологическая безопасность, безопасность в техногенных чрезвычайных ситуациях. Курс лекций / Под ред. В. Г. Калыгина. – М., Колосс, 2006. – 520 с.;
2. Белый, О. А. Экология промышленного производства: учеб. пособие / О. А. Белый, Б. М. Немененок. – Минск: БНТУ, 2016. — 344 с.;
3. Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень 2014 год /

Национальная академия наук Беларуси, Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды; под общ. ред. В. Ф. Логинова. – Минск: Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси: М-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 2015. – 341 с.;

4. Бобович, Б. Б. Процессы и аппараты переработки отходов: учеб. пособие / Б. Б. Бобович. — М.: Инфра-М, 2013. — 286 с.

ЭФФЕКТИВНЫЕ СТРАТЕГИИ ЭВАКУАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Парфенкова К. А.

(научный руководитель – Шипица Д.И.)

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Аннотация. Данная статья посвящена анализу эффективных стратегий эвакуации населения в условиях чрезвычайных ситуаций (ЧС), значимости заблаговременного планирования, эффективного оповещения населения, рассматриваются ключевые принципы успешной эвакуации, также освещаются типичные проблемы, с которыми сталкиваются при организации эвакуации.

Введение

Чрезвычайные ситуации (ЧС) — это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, распространения заболевания, представляющего опасность для окружающих, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [1].

Грамотно организованная эвакуация помогает спасти жизни, минимизировать ущерб для здоровья людей, снизить нагрузку на экстренные службы и предотвратить панику. Однако ошибки в планировании или реализации эвакуации могут привести к более тяжелым последствиям.

Основная часть

Под эвакуацией понимается организованное перемещение людей, материальных и культурных ценностей в безопасные места [2]. Главная цель эвакуации — защита населения от угрозы, связанной с ЧС. Однако, в более широком смысле эвакуация, это не только транспортировка людей.

Для успешного решения задачи эвакуации следует придерживаться следующих принципов [2]:

1. *Заблаговременное планирование.* Эвакуационные планы должны разрабатываться заранее, ещё до наступления ЧС. Они должны учитывать особенности местности, численность населения, транспортную инфраструктуру и возможные сценарии развития событий. В каждом здании общественного назначения имеется план эвакуации, с которым необходимо ознакомиться сразу по прибытию.

2. *Эффективное оповещение.* Оперативное информирование населения — основа успешной эвакуации. Для оповещения используют сирены, смс-рассылки, мобильные приложения, телевидение и радио. Люди должны знать, куда им двигаться, какие маршруты безопасны и где находятся пункты временного размещения.

3. *Координация всех служб.* Эвакуация требует слаженной работы всех задействованных структур: спасателей, милиции, медицинских служб, органов власти, а также волонтеров. Для этого создаются единые центры управления ЧС, которые координируют действия участников.

4. *Обеспечение безопасности на маршрутах эвакуации.* Эвакуационные маршруты должны быть заранее определены и проверены. Важно избегать дорог, где возможны заторы или разрушения инфраструктуры.

5. *Информирование населения о правилах поведения.* Для этого проводятся тренировки, распространяются инструкции, организуются учения. Регулярное обучение позволяет снизить уровень паники и повысить эффективность эвакуации.

Существует множество стратегий эвакуации, применение которых повышает эффективность решения задачи эвакуации. К ним относят:

1. *Зональная эвакуация.* Этот метод предполагает поэтапное перемещение людей из зон риска. Сначала эвакуируют тех, кто находится в непосредственной опасности, затем — жителей прилегающих районов. Такой подход помогает предотвратить перегрузку транспортных маршрутов и избежать паники. Например, данная стратегия была успешно применена во время извержения вулкана Тааль на Филиппинах в 2019 году [3]. Жители ближайших к вулкану деревень были эвакуированы первыми, затем эвакуация охватила более отдалённые районы. Благодаря этому подходу удалось избежать паники и массового скопления людей на дорогах.

2. *Превентивная эвакуация.* Этот метод основан на прогнозах. Для прогнозирования могут использоваться современные информационные технологии. Людей эвакуируют заранее, ещё до того, как катастрофа нанесёт ущерб. Превентивные меры особенно эффективны при ураганах, наводнениях и лесных пожарах, так как данные угрозы зачастую проще предвидеть. Своё применение данная стратегия нашла в 2005 году. Перед ураганом «Катрина» власти США организовали эвакуацию более 1,2 миллиона человек. Хотя этот процесс сопровождался трудностями, превентивные меры спасли тысячи жизней.

3. *Использование технологий и искусственного интеллекта.* Современные технологии позволяют прогнозировать развитие ЧС, определять зоны риска и оптимизировать маршруты эвакуации. Для этих целей сегодня активно применяются геоинформационные системы (ГИС), искусственный интеллект (ИИ), беспилотная авиация. Например, в Японии работает система раннего предупреждения о землетрясениях и цунами [4]. Она позволяет за считанные секунды определить зоны риска и оповестить население. Такая система спасла тысячи жизней во время землетрясения и цунами в 2011 году.

4. *Массовая эвакуация с использованием всех видов транспорта.* Для перемещения большого количества людей необходимо задействовать разные виды транспорта: автобусы, поезда, корабли, авиацию. Важно предусмотреть дополнительные ресурсы для эвакуации маломобильных граждан. Во время лесных пожаров в Австралии в 2020 году для эвакуации людей использовались не только автобусы, но и военные корабли. Это позволило вывезти жителей из отдалённых районов, заблокированных огнём.

5. *Обучение и участие населения.* Большую роль играет готовность людей к ЧС. Регулярные учения, тематические занятия в школах, информационные кампании через СМИ и социальные сети помогают людям лучше подготовиться к эвакуации.

Несмотря на развитие технологий и совершенствование планов эвакуации, следует выделить ряд недостатков:

- недостаток ресурсов;
- возможные паника и дезинформация в условиях ЧС;
- инфраструктурные ограничения, препятствующие эвакуации;
- уязвимые группы населения: маломобильные граждане часто остаются без должной помощи из-за слабой организации.

Все указанные недостатки требуют оперативной корректировки планов эвакуации населения и персонала.

Заключение

Эвакуация населения при чрезвычайных ситуациях требует заблаговременного планирования, слаженной работы служб и активного участия общества. Успешная эвакуация возможна только при строгом соблюдении принципов безопасности, эффективном информировании и использовании современных технологий.

Мировой опыт показывает, что превентивные меры и обучение населения позволяют существенно снизить потери при катастрофах. Однако для повышения эффективности эвакуаций необходимо решать проблемы нехватки ресурсов и улучшать координацию между службами. Только комплексный подход к планированию и реализации эвакуации может обеспечить безопасность людей в условиях ЧС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Закон Республики Беларусь от 5 мая 1998 г. № 141-З О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. – Минск: Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 23.07.2020, 2/2769.;
2. Эвакуация//Гражданская защита: Энциклопедия в 4-х томах. Т. IV (Т — Я) — М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2015.;
3. Сергачев, С. А. Вулканы — дыхание планеты / С. А. Сергачев, Т. Н. Балабанова // Юный ученый. — 2020. — № 2 (32). — С. Т.1. 58-59.;
4. Мюрай Шунджи. Как Япония ликвидирует последствия стихийного бедствия глобального масштаба?
<https://cyberlezhnka.ru/article/n/kak-yaпoшyа-likvidиuet-posledstviya-stihiynogo-bedstviya-globalno-go-masshtaba>.

ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧАЭС

Самусевич А. А., Шевелёв А. Л.

(научный руководитель – Шипица Д.И.)

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Аннотация

Авария на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС), произошедшая 26 апреля 1986 года, стала одной из крупнейших техногенных катастроф в истории человечества. Помимо масштабного радиационного загрязнения и экологических последствий, трагедия привела к психологическому воздействию на различные группы населения, включая ликвидаторов, эвакуированных жителей, а также поколение, выросшее в условиях радиофобии.

Введение

Чернобыльская катастрофа вошла в историю как одна из крупнейших техногенных аварий. Помимо экологических последствий и угрозы здоровью населения, она оказала значительное влияние на психику людей. Масштабные перемены в жизни пострадавших, страх перед радиацией и социальной изоляцией привели к появлению множества психологических проблем, которые сохраняются даже спустя десятилетия.

Изучение последствий Чернобыльской катастрофы важно не только для оказания помощи пострадавшим, но и для разработки эффективных стратегий психологической помощи в случае будущих техногенных катастроф.

Основная часть

Основные психологические последствия включают посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР), тревожные и депрессивные расстройства, стигматизацию, а также изменения в восприятии безопасности и здоровья. Среди ликвидаторов распространены тревожно-депрессивные состояния, нарушения адаптации и психосоматические расстройства. Вынужденные переселенцы столкнулись с потерей дома, разрывом социальных связей и чувством неуверенности в будущем. У населения пострадавших регионов наблюдается повышенный уровень тревожности, связанный с радиацией и возможными генетическими последствиями.

Воздействие Чернобыльской аварии на психику затронуло несколько категорий населения: ликвидаторов, вынужденных переселенцев, жителей загрязнённых территорий, а также их потомков. Психические последствия катастрофы следующие [1]:

1. **Посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР).** Люди, непосредственно участвовавшие в ликвидации аварии, а также вынужденно покинувшие свои дома, нередко сталкивались с психологическими травмами. Чувство тревоги, страх за будущее, эмоциональная нестабильность – всё это характерно для жертв катастрофы.

2. **Депрессивные состояния и тревожность.** Многие пострадавшие переживали хроническую подавленность, пессимистические мысли, потерю смысла жизни и ощущение социальной изоляции. Уровень депрессивных расстройств в этой группе значительно выше, чем у населения, не подвергавшегося воздействию радиации.

3. **Соматические расстройства психогенного характера.** Радиационное воздействие, помимо реального вреда организму, вызвало у людей необоснованные страхи, выражавшиеся в головных болях, хронической усталости, проблемах с пищеварением и сердечно-сосудистой системой. Эти симптомы нередко носили психосоматический характер, усиливаясь в условиях стресса.

4. **Фобии и иррациональные страхи.** У пострадавших сформировалась канцерофобия – сильный страх заболеть онкологическими заболеваниями. Также наблюдалась боязнь повторения подобных катастроф, что приводило к повышенной тревожности и снижению качества жизни.

5. Социальная отчуждённость и стигматизация. Люди, эвакуированные из загрязнённых районов, нередко сталкивались с предвзятым отношением со стороны окружающих. Это способствовало их социальной изоляции, развитию стрессовых состояний и ухудшению психического здоровья.

Психологические последствия аварии затронули не только очевидцев трагедии, но и их детей. Дети, выросшие в условиях постоянного стресса и тревоги родителей, испытывали повышенный уровень беспокойства и адаптационные трудности. У них наблюдались эмоциональные и когнитивные расстройства, связанные как с возможными генетическими изменениями, так и с семейным фоном тревожности.

Помимо этого, у пострадавших сформировалось повышенное внимание к вопросам здоровья, что иногда приводило к гипердиагностике и развитию «синдрома радиационной тревоги». Люди избегали определённых продуктов, мест и даже социальных контактов из-за опасений перед радиацией.

Авария привела к долговременным изменениям в жизни людей, проживавших в загрязнённых районах.

Таким образом, психологические последствия обусловлены не самим ионизирующим излучением, а сопровождающими аварию социальными факторами.

В настоящее время применимы следующие методы преодоления психологических последствий для смягчения негативного влияния катастрофы [2, 3]:

1. Психологическая помощь, включая индивидуальные и групповые психотерапевтические сессии;
2. Разъяснительные программы, помогающие людям осознать реальные риски и уменьшить тревожность;
3. Государственные и общественные инициативы по интеграции пострадавших в социум;
4. Медицинский мониторинг и своевременное выявление психических расстройств среди пострадавших.

В сферу стрессового воздействия Чернобыльской аварии оказалось вовлечено значительно больше людей, чем непосредственно подверглось воздействию радиационного фактора. Однако увеличение частоты психосоматических симптомов не имеет прямой корреляции с уровнем загрязнения.

Следует четко дифференцировать отдельные группы людей [3], у которых степень влияния различных факторов аварии и характер психологического воздействия весьма неоднородны:

- взрослые люди, перенесшие острую лучевую болезнь (ОЛБ);
- участники ликвидации последствий аварии (ЛПА) — профессионалы, ранее работавшие на предприятиях атомной промышленности и энергетики;
- участники ЛПА, впервые вовлеченные в контакт с источниками излучения;
- население реально пострадавших от аварии регионов и смежных с ними зон с различным объемом поставочных мероприятий;
- дети, рожденные от участников ЛПА и лиц, переболевших острой лучевой болезнью, или непосредственно подвергшиеся воздействию аварийных факторов и мер по их ослаблению;
- дети из регионов с низкими уровнями загрязнения, но вовлеченные в ситуацию родителями, учителями и действиями некомпетентных медицинских и административных работников.

Особую сложную проблему представляют психологические и соматические последствия у детей, испытавших на себе (или через родителей) реальное воздействие всей совокупности факторов аварии, в том числе воздействие на щитовидную железу изотопов йода с развитием у значительной группы рака щитовидной железы. Огромную роль в формировании психологии ребенка играют личностные особенности родителей, их психологические установки, объем информации об аварии, передаваемой детям, в первую очередь матерью, а также учителями и врачами. Огромная вина в дезориентации пострадавшего поколения в отношении последствий аварии на ЧАЭС лежит на средствах массовой информации. Адекватно построенная система реабилитации уменьшает у детей чувство незащищенности, неуверенности в своем будущем, позволяет построить и реализовать определенные цели [4].

Анализ [3, 4, 5] показал, что основным фактором, формирующим психологические реакции, является обостренное восприятие реального риска аварии для здоровья настоящего и последующих поколений.

Заключение

Чернобыльская авария оказала значительное влияние на психику людей, вызвав стрессовые состояния, депрессию, тревожность и социальную изоляцию. Эти последствия сохраняются и по сей день, передаваясь следующим поколениям. Необходимо продолжать работу по реабилитации пострадавших, развивать программы психологической помощи, чтобы уменьшить страхи и улучшить качество жизни людей, затронутых этой трагедией.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Международные оценки последствий аварии на Чернобыльской АЭС: Отчёт Научного комитета по действию атомной радиации ООН — 2000 г. //Специальное приложение к журналу «Медицинская радиология и радиационная безопасность».
2. Румянцева Г.М., Марголина В. Я., Плыплина Д. В. и др. Восприятие рисков населением, проживающим на загрязнённых вследствие аварии на Чернобыльской АЭС территориях. //Радиация и риск. — Вып. 10. — 1997. — С. 160—165.;
3. Гуськова А. К. Чернобыльский след: Особенности реакции отдельных групп людей на аварию и их связь с состоянием здоровья.;
4. Алексанин С.С., Рыбников В.Ю., Савельева М.В. Психологический статус и стресс-преодолевающее поведение у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС в отдалённом периоде.;
5. Последствия чернобыльской катастрофы для Беларуси: доклад / Мин-во по чрезвычайн. ситуациям. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://chernobyl.mchs.gov.by/informatsionnyy-tsentr/posledstviya-chernobylskoy-katastrofy-dlyabelarusi/>. — Дата обращения : 31.04.2021.

ЭФФЕКТИВНЫЕ СТРАТЕГИИ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ ОТ РАДИАЦИОННЫХ УГРОЗ. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Яковлева К. Л., Суровец Н. В.

(научный руководитель – Шипица Д.И.)

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Аннотация

В данной работе рассматриваются ключевые аспекты эвакуации и укрытия от радиационных угроз, а также важность подготовки к чрезвычайным ситуациям, связанным с радиацией. Особое внимание уделяется методам управления радиационными рисками, оценке последствий радиационных инцидентов, а также рекомендациям для экстренных служб и населения.

Введение

Планирование и подготовка к реагированию на любые виды радиационных чрезвычайных ситуаций представляют собой динамичный и постоянно развивающийся процесс, в рамках которого накапливается опыт, выработанный на протяжении времени.

Планирование реагирования направлено на смягчение последствий ядерной аварии – сценария с низкой вероятностью, но высоким воздействием, который может возникнуть на территориях или среди населения, проживающего вблизи работающих ядерных объектов. Также учитывается радиационная чрезвычайная ситуация как ситуация со средней вероятностью и низким воздействием, который может возникнуть в любом общественном месте из-за типичных иницирующих факторов.

Основная часть

Воздействие радиации на организм может иметь природный, плановый или случайный характер. Облучение может быть внешним (сопровождающееся загрязнением кожи, волос и одежды и т.д.), внутренним (вдыхание, потребление внутрь или попадание радиоактивных веществ в организм через загрязненную рану) или комбинированным [1].

В зависимости от дозы полученного облучения воздействие радиации может привести к повреждению живых тканей и органов. Масштаб вреда зависит от множества факторов, таких как: тип излучения, продолжительность облучения, тип радиоактивных изотопов, индивидуальные характеристики человека, подвергшегося облучению (пол, возраст, вес, наличие хронических заболеваний).

Вероятность развития негативных последствий для здоровья человека зависит от дозы облучения (чем выше доза, тем выше риск). Если доза слишком низкая, то риск значительно меньше, поскольку организм обладает свойством восстанавливать поврежденные клетки.

Высокие дозы приводят к нарушению функционирования тканей и органов. Симптомами могут быть тошнота, рвота, покраснение кожи, выпадение волос, острый лучевой синдром, лучевые ожоги, а также смерть.

К одной из эффективных стратегий относится эвакуация. Эвакуация представляет собой организованный процесс перемещения людей из зон радиационного загрязнения в безопасные районы [2].

Узнав о необходимости эвакуации, гражданин должен немедленно подготовиться, взяв с собой личные документы (такие как паспорт, свидетельства о браке и рождении детей и прочее), продукты питания (с собой следует брать провизию с большим сроком годности, такую как консервы, крупы, сухари и прочее) и запас питьевой воды на несколько дней, одежду и обувь. Целесообразно взять с собой карманный фонарь, спички, перочинный нож.

К установленному сроку граждане с вещами прибывают на сборный эвакуационный пункт для регистрации. После данной процедуры их распределяют по вагонам (используются как пассажирские, так и товарные) и автомобилям для перевозки. Помимо автобусов могут быть

задействованы личные и грузовые автомобили, которые движутся колонной под сопровождением спецтранспорта.

В пути без разрешения запрещается перемещение из машины в машину или из вагона в вагон. Высадка осуществляется только по команде начальника эшелона, автомобильной колонны.

Преимущества эвакуации следующие:

полное удаление населения из зоны радиационного загрязнения;

возможность оказания медицинской помощи в безопасных условиях.

При организации эвакуации можно столкнуться со следующими проблемами:

острая нехватка времени на проведение всех мероприятий по эвакуации населения;

слабая организованность населения вследствие эмоционально-психологического перенапряжения;

перегрузка транспортной инфраструктуры, особенно в густонаселенных районах.

Альтернативным вариантом может быть выбрано размещение населения в укрытиях в течение определенного времени. Для защиты населения от ядерного, химического и биологического воздействия существуют специальные сооружения. В зависимости от защитных свойств они подразделяются на убежища и противорадиационные укрытия.

Люди в таких сооружениях могут находиться длительное время. Наиболее распространены встроенные укрытия, оборудованные в подвальных помещениях. Возможно строительство убежищ в качестве отдельных сооружений, которые полностью или частично углублены в грунт.

Убежища должны находиться в зонах с максимальным скоплением людей, для защиты которых они созданы. Чтобы предотвратить проникновение зараженного воздуха в помещения, где находятся люди, они тщательно герметизируются и оснащаются системами жизнеобеспечения.

Использование защитных сооружений позволяет осуществить мероприятия по защите населения и персонала в сжатые сроки в условиях минимального перемещения людей.

Основным недостатком использования укрытий является ограничение времени пребывания там людей по причине недостаточных защитных свойств и требований по обеспечению укрываемых людей ресурсами.

Заключение

Эвакуация и укрытие – важные стратегии защиты населения при радиационных угрозах. Для обеспечения безопасности населения необходима комплексная подготовка, включающая развитие инфраструктуры, обучения населения. В настоящее время широкое распространение во все сферы деятельности человека получили информационные технологии (ИТ).

С помощью ИТ можно организовать все этапы эвакуации населения с большей эффективностью за счет использования искусственного интеллекта при планировании мероприятия по эвакуации, использования беспилотной авиации для мониторинга в режиме реального времени обстановки, управления транспортными потоками при эвакуации, управления объектами инфраструктуры.

Таким образом перспективное направление развития систем обеспечения безопасности населения и персонала при ЧС связано с использованием современных информационных технологий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Planning, preparedness, and response to nuclear/radiological emergency- 2021- (https://www.researchgate.net/publication/353276507_Planning_preparedness_and_response_to_nuclearradiological_emergency);

2. Радиация и здоровье – 2023 – (<http://who.int/ru/news-room/questions-and-answers/item/radiation-and-health>).

ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ ОКАЗАНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Тутина Е. Е.

(научный руководитель – Шипица Д.И.)

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Аннотация

В докладе рассмотрены принципы и методы оказания медицинской помощи при чрезвычайных ситуациях.

Введение

Чрезвычайные ситуации (ЧС) — это события, которые приводят к резкому ухудшению условий жизнедеятельности людей, наносят значительный ущерб здоровью и жизни населения. Это могут быть как техногенные катастрофы, так и стихийные бедствия, эпидемии, вооружённые конфликты. В таких условиях особенно важно организовать эффективную медицинскую помощь для спасения жизни и минимизации последствий.

Основная часть

Принципы оказания медицинской помощи в ЧС следующие [1, 2]:

- *Своевременность.* Один из важнейших факторов выживания пострадавших – скорость оказания помощи. Даже простые меры, принятые в первые минуты (например, остановка кровотечения или реанимация), могут спасти жизнь. Чем быстрее оказывается первая и последующая помощь, тем выше шансы на выздоровление и меньше вероятность осложнений;
- *Непрерывность.* Медицинская помощь должна оказываться непрерывно на всех этапах эвакуации и лечения. Прерывание оказания помощи может привести к ухудшению состояния или смерти пациента.
- *Приоритетность (медицинская сортировка).* Не все пострадавшие могут быть спасены одновременно. Необходима сортировка по степени тяжести состояния. Приоритет получают те, чьи жизни можно спасти при срочном вмешательстве;
- *Этапность.* Организация помощи делится на этапы: первая помощь (оказанная свидетелями или самими пострадавшими); доврачебная (медработниками без врача); врачебная (врачами в мобильных пунктах); специализированная (в больницах). На каждом этапе решаются свои задачи: от стабилизации состояния до сложных хирургических вмешательств.
- *Массовость.* В условиях чрезвычайной ситуации пострадавших может быть очень много, поэтому подход к оказанию помощи отличается от обычной медицины. Необходимо быстро организовать массовую помощь с использованием мобильных медицинских формирований, волонтёров, временных пунктов. Решения принимаются с учётом ресурсов и потребностей большого количества людей.
- *Максимальная мобильность.* Место происшествия часто находится в труднодоступной или разрушенной местности. Врачи и медсёстры должны быть мобильными: использовать автотранспорт, вертолёты, лодки и т. д. Полевые госпитали, передвижные операционные, выездные бригады — обязательные компоненты медицинской помощи при ЧС.

Конкретные способы и подходы (методы), с помощью которых оказывается помощь пострадавшим, в зависимости от условий, тяжести травм и масштабов катастрофы делятся на несколько уровней [3, 4]:

1. *Первая медицинская помощь (само- и взаимопомощь).* Оказывают сами пострадавшие, очевидцы, спасатели без медицинского образования непосредственно на месте происшествия. При этом могут применены следующие методы: остановка кровотечений (жгут, бинт, подручные средства), выполнение искусственного дыхания, выполнение непрямого массажа сердца (СЛР), укладка в безопасное положение (на бок — при потере сознания), наложение повязок, шин, иммобилизация, извлечение из опасной зоны (с выносом или волоком).

Главная цель первой медицинской помощи — сохранить жизнь до прибытия медиков.

2. *Доврачебная помощь.* Оказывают фельдшеры, обученные спасатели в передвижных пунктах, в машинах скорой помощи, на этапах эвакуации. На этом этапе используются следующие методы: введение обезболивающих, противошоковых препаратов; поддержка дыхания; контроль артериального давления, пульса, сознания, поддержка при ожогах, отравлениях, обморожениях; подготовка к эвакуации (на носилках, в стабилизированном состоянии). Главная цель — стабилизировать состояние и не дать ему ухудшиться по пути в стационар.

3. *Врачебная (первая квалифицированная) помощь.* На данном этапе помощь оказывают врачи общей практики, хирурги, травматологи в передвижных медпунктах, госпиталях, медсанчастях при МЧС, на этапах эвакуации. Используемые методы: диагностика состояния (УЗИ, рентген, ЭКГ); первая хирургическая обработка ран; операции по жизненным показаниям (экстренные ампутации); установка капельниц, катетеров, переливание крови и введение растворов; противошоковые мероприятия. Главная цель — предотвратить летальный исход, остановить развитие осложнений.

4. *Специализированная помощь.* На данном этапе помощь оказывают узкопрофильные специалисты в стационарах, центрах медицины катастроф, крупных медицинских учреждениях. Применяемые методы: полноценное хирургическое лечение; интенсивная терапия (реанимация); восстановление функций органов и систем; реабилитация (психологическая, физическая, социальная); протезирование; терапия инфекционных осложнений. Главная цель — довести до полного выздоровления или максимальной компенсации утраченных функций.

Заключение

Медицинская помощь при чрезвычайных ситуациях требует четкой организации и оперативного реагирования. Применение основных принципов и методов позволяет минимизировать последствия ЧС, спасти жизни и обеспечить адекватное лечение пострадавших. Подготовка медицинского персонала и координация действий различных служб остаются ключевыми факторами успешной работы в условиях кризиса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гусев А.И., Вишневский А.А. Медицина катастроф. Руководство для врачей. — М.: Медицина, 2018. — 480 с.;
2. Кузнецов А.Ю., Попов С.В. Основы организации медицинской помощи при чрезвычайных ситуациях. — СПб.: СпецЛит, 2020. — 312 с.;
3. Лазарев В.Н., Кобзева И.Б. Первая помощь при чрезвычайных ситуациях. — М.: Геотар-Медиа, 2019. — 256 с.;
4. Соловьёв А.Г., Громов В.А. Основы медицины катастроф. — М.: Академия, 2017. — 344 с.

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*Врублевская В. А., Тутина Е. Р.
(научный руководитель – Шипица Д.И.)*

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Аннотация

В данной статье рассматриваются чрезвычайные ситуации (ЧС), возникающие при строительстве объектов, меры по предотвращению ЧС.

Введение

Чрезвычайные ситуации в строительстве представляют собой события, которые приводят к угрозе жизни и здоровья людей, нанесению ущерба имуществу, окружающей среде или нарушению нормального хода строительства. Учитывая масштаб и важность строительной отрасли, предотвращение и ликвидация последствий ЧС является приоритетной задачей.

Основная часть

Чрезвычайные ситуации в строительстве можно классифицировать на три основные категории [1]: природные, техногенные и антропогенные.

К природным явлениям, приводящим к ЧС в строительстве, можно отнести:

- землетрясения: вызывают разрушения инфраструктуры, падение строительных конструкций;
- наводнения и паводки: затопление котлованов, размыв фундаментов, повреждение техники;
- ураганы и сильные ветры: разрушение временных конструкций и кранов;
- оползни: повреждение строительных площадок, особенно в горных или холмистых регионах, а также при прокладке подземных коммуникаций.

Примером может служить разрушение строящихся зданий в результате землетрясения, если не были соблюдены нормы по сейсмоустойчивости при разработке проекта производства работ.

К техногенным ЧС в строительстве следует отнести:

- обрушение зданий и сооружений: связано с недостатками обрушение, низким качеством материалов или применением неправильных методов строительства;
- пожары: могут возникнуть из-за неисправной проводки, нарушения техники безопасности или воспламенения легковоспламеняющихся материалов, нарушения правил хранения материалов, ошибки при разработке проекта производства работ;
- аварии машин и механизмов, участвующих в строительстве: падение башенных кранов, отказ механизмов.

Техногенные ЧС наиболее часто связаны с нарушением технологий строительства и несоблюдением правил и норм безопасности.

К антропогенным ЧС в строительстве относят:

- ошибки проектирования: неверные расчёты прочности конструкций;
- нарушение техники безопасности: отсутствие защитных мер для рабочих;
- умышленные действия: акты вандализма или диверсии.

Основные причины ЧС в строительстве можно разделить на следующие категории:

1. Ошибки проектирования;
2. Использование некачественных материалов;
3. Нарушение технологий строительства;
4. Недостаточный контроль безопасности;
5. Природные факторы.

В качестве примера рассмотрим территорию экспериментального multifunctional комплекса «Минск Мир», где неоднократно происходили случаи травмирования. В 2021-й там

зафиксированы четыре случая производственного травматизма, два из них — со смертельным исходом.

Предотвращение чрезвычайных ситуаций (ЧС) в строительстве является важной задачей, поскольку от этого зависят безопасность людей, сохранность имущества, соблюдение сроков строительных работ и экологическая безопасность. Для минимизации рисков необходимо проводить детальный анализ происшествий, доводить результаты расследования до всех работников, принимать меры по предупреждению ЧС на всех этапах строительства: от проектирования и выбора материалов до эксплуатации готового объекта.

На основании проведенного анализа [2, 3] можно сформулировать основные меры по предотвращению ЧС в строительстве:

1. Качественное проектирование. Проектирование является основой успешного строительства. Ошибки на этом этапе могут привести к серьезным последствиям, включая обрушение конструкций, затопление или разрушение зданий.

2. Использование сертифицированных строительных материалов. Качество используемых материалов напрямую влияет на долговечность и безопасность строящихся объектов.

3. Соблюдение технологий строительства, повышение качества технического надзора. Нарушение технологий строительства часто становится причиной возникновения ЧС. Это может быть связано с попытками ускорить процесс или с недостаточной квалификацией рабочих.

4. Соблюдение и техника безопасности и требований по охране труда, разработка более эффективных планов мониторинга вопросов соблюдения мер безопасности с внедрением технических и организационных мероприятий. Безопасность труда на строительных площадках является важным аспектом предотвращения ЧС. Несоблюдение техники безопасности может привести к несчастным случаям, пожарам и другим инцидентам.

Постоянный мониторинг состояния строительного объекта позволяет своевременно выявлять и устранять потенциальные угрозы.

5. Планирование действий персонала при возникновении ЧС с учетом возможных природных явлений. Даже при соблюдении всех мер предотвращения полностью исключить вероятность ЧС невозможно. Поэтому необходимо заранее разрабатывать планы по предотвращению и ликвидации их последствий, во время их корректировать. Природные явления, такие как землетрясения, наводнения, ураганы и оползни, могут представлять серьезную угрозу для строящихся объектов.

Заключение

Чрезвычайные ситуации в строительстве представляют серьезную угрозу для жизни людей, имущества и окружающей среды. Их причины могут быть как природными, так и техногенными или антропогенными. Однако большинство таких ситуаций можно предотвратить при строгом соблюдении норм проектирования, строительства и техники безопасности.

Эффективное предотвращение и ликвидация ЧС требует комплексного подхода, включающего использование современных технологий, обучение персонала и постоянный контроль качества. Только системная работа в этой области позволит минимизировать риски и обеспечить безопасность строительных процессов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Закон Республики Беларусь от 5 мая 1998 г. № 141-З О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. – Минск: Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 23.07.2020, 2/2769.;

2. Серова Е.А. Причины роста количества аварий в геотехническом строительстве [Текст] // Вестник МГСУ. — 2009. — №1. — с. 513—516.;

3. Волков А.А., Серова Е.А. Методика количественного анализа уровня риска возникновения аварийных ситуаций при строительстве в условиях городской застройки с учетом технологических решений // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. — 2012. - Том 8. - №4.

НОВАЯ ЭПОХА В РАЗВИТИИ АЭС “БРЕСТ - ОД - 300”

*Кузменков И.В.**(научный руководитель – Мякота В.Г.)**Белорусский национальный технический университет**Минск, Беларусь***Введение**

В условиях глобального энергоперехода и необходимости снижения углеродного следа атомная энергетика играет ключевую роль в обеспечении устойчивого развития. Одним из передовых проектов в этой области является реактор "Брест-ОД-300", который представляет собой уникальную разработку в рамках концепции замкнутого ядерного топливного цикла. Данный проект знаменует собой новую эпоху в развитии атомной энергетики, сочетая в себе высокие стандарты безопасности, эффективность и экологичность. В настоящем реферате рассмотрены особенности конструкции, принципы работы и перспективы внедрения реактора "Брест-ОД-300".

Первой сборкой активной зоны реактора БР-1 занимались сотрудники Лаборатории «Б», хотя изначально думали пригласить на сборку специалистов, уже имевших дело с цепной реакцией на быстрых нейтронах, — бомбоделов. Все этапы сборки фиксировали на магнитофонной плёнке. В конечном счёте все прошло нормально, и 29 апреля 1955 года реактор БР-1 вывели в критическое состояние.

Первоначально он создавался как критсборка для проверки физических параметров первого экспериментального реактора лаборатории. Но потом выяснилось, что он может служить и достаточно мощным источником быстрых нейтронов при изучении их прохождения через различные среды.

В итоге именно на БР-1 впервые в мире экспериментально доказали возможность расширенного воспроизводства ядерного горючего, впервые в Европе в 1956 году осуществили цепную реакцию деления плутония на быстрых нейтронах, провели исследования по распространению нейтронов в средах из различных материалов и измерения ядерно-физических констант.

В дальнейшем реактор использовали в качестве источника нейтронов и гамма-лучей переменной интенсивности для метрологической аттестации и проверки работоспособности средств измерений.

На физических реакторах нулевой мощности проводятся, как правило, **две основные серии исследований**:

1. путём последовательной сборки активной зоны определяют критические размеры при различных композициях активной зоны и отражателя
2. изучаются различные характеристики конкретных систем.

Конструкция реактора БР-1 была довольно простой. Он имел компактную активную зону высотой и диаметром около 13 см, набранную из плутониевых стержней диаметром 1 см, очехлованных нержавеющей сталью, — твэлов контейнерного типа. Из-за низкой мощности для реактора не создавали системы охлаждения. Критическая загрузка реактора составляла около 12 кг, максимальная мощность — 50 Вт.

Руководителем работ по всему циклу, от разработки до пуска и эксплуатации БР-2, был назначен Олег Казачковский. К проектированию реактора БР-2 подключилось ОКБ, которое в годы войны разрабатывало артиллерийские системы. Проектирование реактора шло в тесном контакте с сотрудниками Лаборатории «Б».

В начале 1955 года почти все узлы и агрегаты БР-2 были готовы.

Когда началось проектирование реактора БР-2, руководство лаборатории приняло решение в качестве охлаждающей жидкости реактора использовать ртуть, в стране и за рубежом был накоплен определённый опыт её применения. Направление движения теплоносителя в активной зоне было принято сверху вниз, что позволило создать довольно простую схему теплоотвода и обеспечить уверенное аварийное расхолаживание реактора. Из-за крайней

токсичности ртути Госсанинспекция выдала разрешение на работу реактора лишь после вмешательства Славского.

Физическая схема реактора была близка к схеме БР-1. Основные отличия заключались в наличии теплоносителя, занимавшего около 17% объёма активной зоны, материала органов регулирования и экрана. Управление реактором осуществлялось движением специальных частей отражателя, подвешенных на тросах снаружи корпуса реактора

Реактор на быстрых нейтронах со свинцовым теплоносителем - представляет собой свинцовый или эвтектический свинцово-висмутовый (LBE) реактор с жидкометаллическим теплоносителем и замкнутым топливным циклом.

Быстрые реакторы со свинцовым теплоносителем (LFR) могут работать в спектре быстрых нейтронов и использовать замкнутый топливный цикл для эффективной конверсии фертильного урана. Свинец не реагирует с воздухом, водой или CO_2 , что исключает опасность, возникающую из-за бурной экзотермической реакции.

Использование в БРЕСТ-ОД-300 свинцового теплоносителя, не требует высокого давления в контуре и исключает аварии с пожарами и взрывами.

Плотное нитридное топливо надёжнее оксидного, легче переносит механические дефекты и температурные режимы.

Сочетание свойств тяжёлого свинцового теплоносителя и плотного теплопроводного нитридного топлива создаёт условия для достижения полного воспроизводства делящихся нуклидов в активной зоне и стабилизации размножающих свойств реактора, что позволяет работать при малом и стабильном запасе реактивности, исключить аварии с неконтролируемым ростом мощности, разрушением топлива и выбросом радиоактивности.

Заключение

Идея создания **быстрых реакторов** возникла ещё в середине XX века как ответ на задачу более полного использования урана и переработки отработанного топлива. Первые проекты реализовывались на **натриевых теплоносителях** (БН-350, БН-600, БН-800), но они имели ограничения по безопасности и сложности эксплуатации.

Разработка реакторов со **свинцовым теплоносителем** стала новым этапом — свинец инертен и обеспечивает более высокую пассивную безопасность. Эти идеи легли в основу проекта **БРЕСТ-ОД-300**, создаваемого в рамках российской программы «Прорыв».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. <https://www.ippe.ru/nuclear-power/fast-neutron-reactors/120-brest-300-nuclear-reactor;>
2. [https://www.ippe.ru/realized-projects/fast-neutrons-reactors/411-br-2.](https://www.ippe.ru/realized-projects/fast-neutrons-reactors/411-br-2)

РОЛЬ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УПРАВЛЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМИ СИТУАЦИЯМИ

Иншакова Д. В., Ошейко К. А.

(научный руководитель – Шипица Д.И.)

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Аннотация. В данной работе рассмотрено влияние современных информационных технологий (ИТ) на управление чрезвычайными ситуациями (ЧС), проведен анализ современных подходов и тенденций, которые помогают повысить эффективность реагирования на ЧС.

Введение

Управление чрезвычайными ситуациями представляет собой комплекс мероприятий, направленных на предотвращение ЧС, минимизацию последствий и оперативность ликвидации. В условиях глобализации и быстрого развития роль современных информационных технологий становится всё более значимой.

Основная часть

Информационные технологии позволяют повысить оперативность сбора, обработки и распространения информации, что критически важно для своевременного реагирования на ЧС.

Рассмотрим основные этапы управления ЧС, где могут быть использованы современные информационные технологии:

1. *Системы мониторинга и раннего предупреждения.* Современные системы мониторинга, такие как геоинформационные системы (ГИС), а также использование беспилотной авиации [1], позволяют отслеживать природные и техногенные угрозы в реальном времени. Эти системы обеспечивают сбор данных о климатических изменениях, сейсмической активности и других факторах, что позволяет заблаговременно информировать население о возможных ЧС.

2. *Обработка больших данных.* Сбор и анализ больших данных (Big Data) играют ключевую роль в управлении ЧС. Использование аналитических инструментов позволяет выявлять закономерности и предсказывать развитие событий, что способствует более эффективному планированию действий в кризисных ситуациях. К таким инструментам могут быть отнесены: имитационные модели развития ЧС, аналитические модели развития ЧС с использованием теории динамических систем случайной структуры [2] с выдачей рекомендаций по действиям персонала различных уровней управления.

3. *Мобильные приложения и социальные сети.* Мобильные приложения для информирования населения о ЧС становятся всё более популярными. Они позволяют быстро распространять информацию о угрозах и мерах безопасности. Социальные сети также играют важную роль в коммуникации во время ЧС, обеспечивая быструю передачу информации и взаимодействие между органами власти и населением. Посредством социальных сетей возможно организовать эффективное управление населением в условиях ЧС. Однако к таким сетям предъявляются повышенные требования по кибербезопасности.

4. *Технологии искусственного интеллекта.* Искусственный интеллект (ИИ) используется для анализа данных и автоматизации процессов принятия решений. Например, ИИ может помочь в прогнозировании распространения бедствий, оптимизации распределения ресурсов и координации действий служб экстренного реагирования [3]. В общем виде ИИ является объединяющей структурой в системе управления ЧС, которая может быть использована на всех этапах управления, что позволит существенно снизить последствия от ЧС.

На основании вышеизложенного можно сформулировать следующие требования (ограничения) по применению современных ИТ в процессе управления ЧС:

1. Интеграция систем посредством искусственного интеллекта. Современные подходы к управлению ЧС предполагают интеграцию различных ИТ-систем для создания единой платформы на базе ИИ, которая объединяет данные из разных источников, управляет ими и выдает рекомендации по применению сил и средств. Это позволяет улучшить координацию действий между различными службами и агентствами, сократить время на принятие решения.

2. Устойчивость к киберугрозам. С увеличением зависимости от ИТ возрастает важность обеспечения кибербезопасности. Защита информационных систем от атак становится критически важной для обеспечения надежности управления ЧС. Данная тема является предметом отдельного исследования.

3. Обучение и подготовка кадров. Развитие ИТ требует постоянного обучения специалистов в области управления ЧС. Внедрение современных информационных технологий в процесс управления ЧС требует от системы обучения: наличия соответствующего оборудования и программного обеспечения; необходимость решения вопросов защиты персональных данных обучаемых; необходимость более частого обновления учебных планов и учебных программ в связи с высокими темпами развития современных технологий; необходимость более частого повышения квалификации преподавателей, что требует, дополнительного времени и средств.

Заключение

Информационные технологии играют ключевую роль в управлении чрезвычайными ситуациями, обеспечивая эффективное реагирование на угрозы и минимизацию последствий. Современные подходы и тенденции в этой области открывают новые возможности для повышения безопасности общества. Однако необходимо учитывать вызовы, связанные с киберугрозами и потребностью в обучении кадров, чтобы обеспечить успешное внедрение ИТ в управление ЧС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Турчанова А.С. Задачи современных геоинформационных технологий и систем // Материалы IX Республиканской научно-практической конференции студентов, магистрантов и аспирантов «Информационные технологии: теория, опыт, проблемы, перспективы», 4-5 июня 2024. – Горки, 2024. С. 66–68.;

2. Косачев, И. М. Аналитическое моделирование стохастических систем: моногр. /И. М. Косачев, М. Г. Ерошенко. – Минск: Навука і тэхніка, 1993. – 264 с.;

3. Чернов К.А. Искусственный интеллект в сфере информационного сопровождения чрезвычайных ситуаций. 2022;(3):111-120. <https://doi.org/10.25016/2541-7487-2022-0-3-111-120>.

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ К ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМ И РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ИХ УЛУЧШЕНИЮ

Навроцкая А. В.

(научный руководитель – Шипица Д.И.)

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Аннотация

В работе были изучены типичные уязвимости конструктивных систем жилых зданий, рассмотрены современные методы оценки сейсмостойкости, выделены основные технологии и приёмы повышения устойчивости, предложены меры организационного и технического характера для различных категорий участков

Введение

Землетрясения представляют собой одно из наиболее разрушительных природных явлений, способных нанести значительный ущерб жилым зданиям и, как следствие, привести к потере человеческих жизней.

Основная часть

Землетрясения — это опасные природные явления, способные вызывать разрушения и человеческие жертвы. Особую опасность они представляют для густонаселённых районов, где плотная застройка и большое количество жилых зданий увеличивают риск массовых потерь. В связи с этим оценка устойчивости зданий к сейсмическим нагрузкам становится одной из важнейших задач в строительной практике, особенно в сейсмоопасных регионах.

Наиболее уязвимыми к сейсмическим воздействиям являются здания, построенные без учёта современных норм сейсмостойкости. Особенно это касается строений, возведённых в середине и конце XX века, при этом чаще всего встречаются следующие дефекты [1]:

1. Слабые фундаменты, не рассчитанные на горизонтальные нагрузки;
2. Нестабильная или неправильная планировка, вызывающая перекосы и перекручивание здания при землетрясении;
3. Отсутствие армирования и сейсмопоясов, особенно в панельных и кирпичных домах;
4. Плохое качество материалов, вызванное экономией или устаревшими технологиями;
5. Слабая конструктивная связь между этажами.

Оценка сейсмостойкости осуществляется тремя способами [2]:

1. Визуальный осмотр — проводится инженерами с целью выявления трещин, деформаций, прогибов;
2. Инструментальный контроль — включает применение лазерных уровней, датчиков вибраций, георадаров, сейсмографов;
3. Математическое моделирование — позволяет смоделировать реакцию здания на заданные сейсмические колебания с учётом реальных параметров конструкции и грунтов.

В настоящее время существует множество инженерных решений, позволяющих повысить сейсмостойкость зданий. Наиболее эффективные из них следующие [3]:

1. Усиление конструкций с помощью металлических или армированных поясов, дополнительных опор, обойм для колонн;
2. Установка демпферов — устройств, гасящих вибрации и перераспределяющих энергию колебаний;
3. Применение сейсмоизоляторов в основании здания — особенно актуально для новых построек;
4. Использование углепластиковых и полимерных композитов для усиления несущих стен и перекрытий. Углеволокно и стекловолокно, могут значительно повысить прочность и жесткость конструкций;

4. Глубинное укрепление фундаментов, например, с помощью инъекционных технологий. Специальные добавки и технологии, такие как самоуплотняющийся бетон, могут улучшить характеристики материала;

5. Применение сейсмического проектирования. Применение современных методов сейсмического проектирования, таких как концепция «мягкого первого этажа», может снизить риск разрушения.

В некоторых странах (например, Япония, Чили, Турция) подобные технологии уже активно применяются, что позволило значительно снизить ущерб от землетрясений.

Проблема повышения сейсмоустойчивости требует комплексного подхода. Государственные меры состоят в разработке и внедрении программ по модернизации жилого фонда, субсидировании всех этапов повышения сейсмоустойчивости, организации и контроля обязательных обследований домов в сейсмоопасных районах.

Роль проектировщиков и строителей заключается в соблюдении современных норм, внедрение инновационных решений уже на этапе проектирования, регулярная переподготовка специалистов.

Эксплуатирующие организации ответственны за организацию регулярных технических осмотров, в том числе с привлечением экспертных организаций при появлении трещин и деформаций, участие в инициативах по усилению зданий.

Заключение

Оценка и повышение устойчивости жилых зданий к землетрясениям — это не только техническая задача, но и важный элемент государственной политики по защите населения. Современные технологии позволяют минимизировать последствия даже сильных сейсмических воздействий, если к их применению подойти своевременно и системно. Повышение осведомлённости, контроль за строительными нормами и техническое перевооружение зданий — залог безопасности будущих поколений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лосев К.С. Сейсмостойкое строительство. — М.: Стройиздат, 2017.;
2. Корнев В.М., Глушков А.И. Основы сейсмостойкости зданий. — М.: АСВ, 2020.;
3. Челноков В.Г. Методы усиления конструкций зданий. — СПб: Лань, 2018.

АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ: ВЛИЯНИЕ КАТАСТРОФ НА ЭКОНОМИКУ И ОБЩЕСТВО

Бакович А. Ю., Самсанович П. В.

(научный руководитель – Шипица Д. И.)

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Аннотация

В данной работе проводится анализ влияния аварий и катастроф, а также их последствий на экономику регионов (стран).

Введение

Катастрофа – это неожиданное происшествие, вызвавшее человеческие жертвы, крупномасштабное разрушение техногенных объектов, ухудшение состояния природной среды и т.п.

В зависимости от причин различают катастрофы природные и техногенные. Социальные, или гуманитарные катастрофы (потрясения в общественной жизни) происходят из-за ошибок в управлении обществом или из-за сознательной целенаправленной деятельности по разрушению общественных и государственных систем. По масштабам катастрофы подразделяются на глобальные, национальные, региональные, локальные (местные) и объектовые.

В данной работе больше всего затронем влияние катастроф на общество и экономику.

Основная часть

Землетрясение в Армении или «Спитакское землетрясение» (07.12.1988). Одним из самых трагичных и разрушительных событий в истории СНГ стало Спитакское землетрясение, которое произошло в Армении в 1988 году. Это природное бедствие потрясло страну: сила землетрясения составила 6.9 баллов по шкале Рихтера, и последствия оказались ужасающими. В результате землетрясения погибло, по меньшей мере, 25 тысяч человек (по другим данным, 45 тысяч), 140 тысяч стали инвалидами, 514 тысяч человек остались без крова. В общей сложности, землетрясение охватило около 40 % территории Армении.

После трагедии разрушения инфраструктуры и массовые потери рабочих мест стали причиной серьёзного экономического кризиса. Восстановление потребовало десятилетий и колоссальных затрат, а влияние катастрофы ощущалось ещё много лет спустя. По некоторым оценкам, для полного восстановления понадобилось более 15 лет. Землетрясение вывело из строя около 40 % промышленного потенциала Армянской ССР. До основания был разрушен город Спитак и 58 сёл; частично разрушены города Ленинакан (ныне Гюмри), Степанаван, Кировакан (ныне Ванадзор) — всего 21 город, и ещё более 300 населённых пунктов. Ущерб составил \$34,6 млрд. в ценах 2022 года.

Были разрушены или пришли в аварийное состояние общеобразовательные школы на 210 тысяч ученических мест, детские сады на 42 тысячи мест, 416 объектов здравоохранения, 2 театра, 14 музеев, 391 библиотека, 42 кинотеатра, 349 клубов и домов культуры. Было выведено из строя 600 километров автодорог, 10 километров железнодорожных путей, полностью или частично разрушено 230 промышленных предприятий. В феврале-марте 1989 года по соображениям безопасности была закрыта Армянская АЭС, оборудование её первого энергоблока было необратимо испорчено в ходе вывода из эксплуатации, а второй перезапущен только в 1995 году.

Чернобыльская катастрофа (26.04.1986). Хотя Чернобыльская катастрофа случилась ещё в 1986 году, её последствия до сих пор ощущаются в Беларуси, Украине и России. Взрыв на Чернобыльской атомной электростанции стал не только одним из самых страшных техногенных бедствий в истории, но и событием, которое навсегда изменило жизни миллионов людей.

Влияние на социальную сферу такого: 31 человек погибший от остро-лучевой болезни, 134 человека переболевшие остро-лучевой болезнью разной степени тяжести, выброс активности радиации в 50 млн. Кюри, из-за 30 км зоны отчуждения 115 тыс. человек лишились своих родных мест, несколько сотен тысяч человек, вынужденных к переселению, из-за превышения дозы радиации на территории, увеличение количества заболеваний, таких как рак щитовидной железы у детей, из-за переживаний по поводу ожидания роковых последствий и плохого медицинского обслуживания у людей появилось неблагоприятное моральное и психологическое состояние.

Экономический ущерб: из сельскохозяйственного оборота выведено 2,64 тыс. км² сельхозугодий, 132 месторождения различных видов минерально-сырьевых ресурсов и 340 промышленных предприятий оказались в зоне загрязнения, исключена территория Припятской нефтегазоносной области (52,2 млн. т. нефти), четверть лесного фонда Беларуси - 17,3 тыс. км² леса подверглись радиоактивному загрязнению. Ущерб, нанесенный республике чернобыльской катастрофой в расчете на 30-летний период ее преодоления, оценивается в 235 млрд. долларов США, что равно 32 бюджетам республики 1985 года.

Авария на шахте «Распадская» в России (8-9.05.2010). Авария на шахте «Распадская» в Кемеровской области в 2010 году оставила за собой страшную трагедию — В результате взрывов в шахте возник эндогенный пожар. Взрывами разрушено несколько наземных строений шахты, в том числе здание копра ствола и вентиляционной системы. В декабре 2010 года суд признал 15 шахтеров, находящихся в шахте и до сих пор не поднятых на поверхность, погибшими. Таким образом, по официальным данным число погибших в результате аварии составляет 91 человек (из них — 20 горноспасателей). Тела 12 горняков на февраль 2011 года до сих пор не найдены. По предварительным оценкам, материальный ущерб составил шесть миллиардов рублей и снижение котировок акций компании на российском фондовом рынке.

Причинами выявили следующие факторы: нарушение пылевого режима шахты; отсутствие должного контроля за признаками самонагревания угля со стороны работников шахты, которое привело к появлению очага самовозгорания, который и послужил причиной взрыва накопившейся метано-воздушной смеси; неисполнение предусмотренных проектами профилактических мероприятий по предотвращению эндогенного нагревания угля; неустойчивость электроснабжения шахты.

После трагедии семьи погибших и простые граждане начали требовать от правительства ужесточения мер по обеспечению безопасности шахтеров. Траур по погибшим шахтёрам и спасателям был объявлен только в Кемеровской области, но не в России. В связи с этим, 15 мая был организован народный траур, в ходе которого сочувствовавшие погибшим опубликовали в своих сетевых дневниках и на других ресурсах плакаты в память о шахтёрах.

Вечером 14 мая около двух тысяч междуреченцев вышли на траурный митинг, переросший в стихийную акцию протеста. Возмущённые лживым докладом Геннадия Козового об уровне зарплаты шахтёров и тем, что за три часа митинга никто из руководства шахты «Распадская» не пожелал с ними встретиться, в 22:00 по местному времени от двухсот до трёхсот протестующих перекрыли железнодорожную магистраль Новокузнецк-Абакан.

Прибывший ОМОН вступил с ними в столкновение, к 00:30 очистив пути и задержав 32 человека. Пять митингующих обратились за медицинской помощью. Шесть бойцов ОМОНа получили травмы средней степени тяжести, и 15 — лёгкие.

Заключение

По итогу проделанной работы [1, 2, 3] можно сделать вывод: влияние катастроф на экономику и общество значительно существенны. Любое происшествие, вызванное из-за природных факторов или из-за человеческого фактора, может сильно повлиять на любую отрасль жизни человека так и всего государства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Катастрофы и социально-экономическое развитие [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/katastrofy-i-sotsialno-ekonomicheskoe-razvitiye>. Дата доступа: 18.03.25;

2. Глобальные экономические последствия природных катастроф [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/globalnye-ekonomicheskie-posledstviya-prirodnih-katastrof>. Дата доступа: 18.03.25;

3. Влияние социально-экономических последствий чрезвычайных ситуаций на устойчивое развитие государства [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sotsialno-ekonomicheskikh-posledstviy-chrezvychaynyh-situatsiy-na-ustoychivoe-razvitie-gosudarstva>. Дата доступа: 20.03.25.